

# **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**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela

Por el bachiller:

Dordelly Z., Omar E.

TSU Campos S., Enrique R.

Para optar al Título de

Ingeniero Mecánico

Caracas, 2010

# **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**

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Félix Flores

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela

Por el bachiller:

Dordelly Z., Omar E.

TSU Campos S., Enrique R.

Para optar al Título de  
Ingeniero Mecánico

Caracas, 2010



Caracas, 19 de noviembre de 2.010

## ACTA

Los abajo firmantes, Miembros del Jurado Examinador designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Mecánica para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por los Bachilleres:

**OMAR DORDELLY y ENRIQUE CAMPOS**

*Titulado:*

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS PARA LA DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA, INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el Plan de Estudios conducente al Título de Ingeniero Mecánico.

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Pedro Lecue**  
**Jurado**



  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Félix Flores**  
**Tutor**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Rodolfo Grullón**  
**Jurado**

## **DEDICATORIA**

Primeramente a Dios por haberme dado la sabiduría necesaria para cumplir esta etapa de mi vida.

A mi padre Rafael Campos por no escatimar esfuerzo alguno para proporcionarme la educación necesaria, ayudarme hasta donde el destino te lo permitió, y así dejarme en el camino correcto para seguir adelante, muchas gracias papá.

En especial a mi esposa Marleny Ramírez Sánchez por ser tan comprensiva durante mi formación como ingeniero y Haberme dado apoyo antes y durante mi estadía por la UCV, aun en los momentos más difíciles.

Muy especialmente a ti madre querida, Dora de Campos que nunca dudo que lo lograría y fuiste una fuente constante de aliento, motivación y orgullo para mí, porque sé que tu sueño era verme graduado de ingeniero, este trabajo te lo dedico a ti donde quiera que estés.

En fin a todos aquellos que de alguna manera u otra me brindaron un apoyo sincero, incondicional y genuino para que lograra esta meta.

Enrique Campos

## **DEDICATORIA**

Mi trabajo especial de grado lo dedico con todo mi amor y cariño:

A Dios que me ha dado la oportunidad de vivir y por regalarme una familia maravillosa.

A mis padres Omar Ricardo y Berna que me dieron la vida y han estado siempre conmigo. Gracias por todo, por creer en mí, por darme una profesión para mi futuro, por estar apoyándome en todo momento, y brindarme todo su amor. Los quiero con todo mi corazón.

A mi hermano Omar Elías gracias por estar conmigo dándome ese cariño de hermandad, y a mi cuñada Irene por animarme. Los quiero mucho.

A mi sobrinita ahijada Gabriela la niña más bella, que me ha enseñado lo maravilloso que es la vida, con su ternura y travesuras. Te quiero almita de Dios.

A toda mi familia, abuelos, tíos, primos y amistades cercanas, muchas gracias por estar conmigo en todo este tiempo.

A mis panas de mi urbanización, a los compañeros de la UCV, y principalmente al compañero de esta tesis Enrique Campos, por alentarme a lograr esta meta.

Les agradezco a todos ustedes con toda mi alma el haber llegado a mi vida y que sin ustedes a mi lado no lo hubiese logrado.

Omar Dordelly

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a la Universidad Central de Venezuela y los profesores de la escuela de Ingeniería Mecánica, por todos los conocimientos y experiencias transmitidas, para el aprendizaje de la carrera y cultura en general.

Al Ing. Félix Flores, jefe de la División de Ambiente, Salud y Trabajo de la universidad y nuestro tutor académico, quien nos ofreció esta excelente oportunidad para desarrollar un trabajo de grado que va a favor de la UCV.

A la empresa Tecnofuego C.A., que por medio del Ing. Carmelo Alonso, Gerente General de Proyectos de la empresa, nos ayudó de manera desinteresada brindándonos una buena atención, colaboración y asesoría, durante la ejecución del trabajo de grado.

A la empresa Eléctricos Match, por su colaboración para el cálculo de los costos de insumos y material eléctrico.

Al Prof. Alberto Bellorin, Sub Director del Departamento de Informática del rectorado y a todo el personal del DTIC, quienes nos permitieron tener acceso sin mayores contratiempos a todas las aéreas necesarias para realizar este trabajo.

A todos aquellos que de alguna u otra forma nos brindaron su colaboración e hicieron posible que lográramos finalizar nuestros estudios universitarios de pregrado.

Campos S., Enrique R.; Dordelly Z., Omar E.

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA  
INCENDIOS PARA LA DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA,  
INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN DE LA UNIVERSIDAD  
CENTRAL DE VENEZUELA”**

**Tutor Académico: Prof. Félix Flores. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica. 2010. 160 Pág.**

Sistema de protección contra incendios, Análisis de riesgo, Selección, Diseño, Valuación.

**Resumen:** El presente trabajo 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 Nro.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. Para el edificio Nro.2, se eligió un sistema portátil sugiriendo el extintor de agente CLEANGUARD FE-36. Por último se estimó el presupuesto final de todo el proyecto.

## ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

UCV	Universidad Central de Venezuela
DTIC	Dirección de Tecnología, Información y Comunicación
NFPA	Asociación Nacional de Protección Contra el Fuego
UPS	Sistema de Alimentación Ininterrumpida
PVC	Cloruro de Polivinilo
CO	Monóxido de Carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
N <sub>2</sub>	Nitrógeno
Ar	Argón
LED	Diodo Emisor de Luz
IR	Infrarrojos
UV	Ultravioleta
GWP	Potencial de Calentamiento Global
ISO	Organización Internacional para la Estandarización
TSCA	Ley de Control de Sustancias Tóxicas
ELINCS	Lista Europea de Sustancias Tóxicas Notificadas
SNAP	Programas de Nuevas Alternativas Significativas
NOAEL	Nivel sin Efecto Adverso Observable
UL	Laboratorios Underwriters
ULC	Laboratorios Underwriters de Canadá
DOT	Departamento de Transporte
PBPK	Modelado Farmacocinético Fisiológicamente Basado
EPA	Agencia de Protección Ambiental
CC	Corriente Continua
ALT	Tiempo de Vida en la Atmósfera
ODP	Potencial de Agotamiento de Ozono
LOAEL	Nivel de Efecto más Bajo Observable
ANSI	Instituto Nacional Estadounidense de Estándares

MIG	Metal Gas Inerte
HMIS	Sistema de Identificación de Materiales Peligrosos
PC	Computadora Personal
TBH	Temperatura Bulbo Húmedo
TBS	Temperatura Bulbo Seco
AWG	Calibre de Cables Americanos
LAN	Red de Área Local
Btu	Unidades Térmicas Británicas
Psi	Libras Por Pulgadas Cuadradas
Nro.	Número
M	Metro
m <sup>2</sup>	Metro Cuadrado
m <sup>3</sup>	Metro Cúbico
Km	Kilometro
Kg	Kilogramo
ml	Mililitro
min	Minuto
s	Segundo
BsF	Bolívares Fuertes
\$	Dólares
°C	Grados Centígrados
°F	Grados Fahrenheit
NW	Newton
m <sup>2</sup> /s	Centistoke
Lts	Litros
Ft <sup>3</sup>	Pies Cúbicos
Lbm	Libra masa
W	Peso
V	Volumen Reducido
C	Concentración de Diseño

S	Volumen Específico de Vapor
$T_{\max}$	Temperatura Máxima
$f$	Factor de Fricción
$\rho$	Densidad
$\nu$	Viscosidad Cinemática
$\mu$	Viscosidad Dinámica
Pulg	Pulgadas
g	Gravedad
$\dot{m}$	Flujo Másico
A	Área
Re	Número de Reynolds
D	Diámetro
$Vel_f$	Velocidad del fluido
$\epsilon/D$	Rugosidad Relativa
$L_{eq}$	Longitud Equivalente
$\gamma$	Peso específico
$h_L$	Pérdidas
$\Delta P$	Caída e Presión

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
OBJETIVOS.....	4
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos.....	4

## MARCO TEÓRICO

QUÍMICA DEL FUEGO. CONCEPTOS BÁSICOS.....	5
COMBUSTIÓN, COMBURENTE, ENERGÍA DE ACTIVACIÓN.....	5
Combustión.....	5
Comburente.....	5
Energía de Activación.....	6
COMBUSTIÓN.....	6
Tipos de Combustión.....	6
Combustiones lentas.....	6
Combustiones rápidas.....	6
Resultados de la Combustión.....	6
Humo.....	7
Llama.....	7
Calor.....	7
Diferencia entre el calor y temperatura.....	7
Transmisión de calor.....	7
Contacto directo de la llama.....	8

Gases.....	8
TRIÁNGULO DEL FUEGO.....	8
TETRAEDRO DEL FUEGO.....	9
CLASIFICACIÓN DE LOS FUEGOS.....	9
Fuegos de Clase A.....	9
Fuegos de Clase B.....	10
Fuegos de Clase C.....	10
Fuegos de Clase D.....	10
Fuegos de Clase K.....	11
CAUSAS MÁS FRECUENTES DE INCENDIOS.....	11
Causas Naturales.....	11
Causas Humanas.....	11
Corriente Eléctrica.....	11
Aparatos de Calefacción de Llama Viva.....	11
Líquidos Inflamables.....	11
Gases Inflamables.....	11
Electricidad Estática.....	11
MÉTODOS DE LA EXTINCIÓN DEL FUEGO.....	12
Extinción por Reducción de Temperatura.....	12
Extinción por Eliminación del Combustible.....	12
Extinción por Dilución de Oxígeno.....	12
Extinción por Inhibición Química de la Llama.....	12
AGENTES DE EXTINCIÓN DEL FUEGO.....	13
Extinción con Agua.....	13
Extinción con Espuma Acuosa.....	14

Extinción con Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ).....	15
Extinción con Agentes Químicos Secos.....	15
Extinción con Gases Inertes.....	17
 SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	 17
 SISTEMAS PORTÁTILES DE EXTINCIÓN: EXTINTORES.....	 18
Clasificación Según la Forma de Impulso.....	18
Clasificación Según la Sustancia Extintora.....	18
Instalación del Extintor.....	19
Técnicas de Extinción.....	19
 SISTEMAS FIJOS DE EXTINCIÓN.....	 20
Clasificación de los Sistemas Fijos de Extinción.....	21
Sistemas Fijos de Extinción Automática.....	22
Sistemas de Agua.....	22
Sistemas de Espuma.....	23
Sistemas de Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ).....	23
Sistemas de Polvo.....	23
Sistemas de Agente Limpio.....	24
 SISTEMAS DE DETECCIÓN Y ALARMA CONTRA INCENDIOS.....	 24
Detectores Automáticos de Incendios.....	24
Detectores Térmicos.....	25
Detector termostático.....	25
Detector termovelocimétrico.....	25
Detector combinado.....	26
Detector de efecto termoeléctrico.....	26
Detectores de Humo.....	26
Detector de ionización.....	26

Detector fotoeléctrico.....	27
Detectores de Llama.....	27
Detector de infrarrojos (IR).....	28
Detector de ultravioletas (UV).....	28
Tablero Central de Control.....	28
Estación Manual o Pulsador.....	28
Alarmas Contra Incendios.....	29
FLUJO DE FLUIDOS EN TUBERÍAS.....	29
Ecuación de Bernoulli.....	29
Ecuación de Bernoulli y la Primera Ley de la Termodinámica.....	30
Viscosidad.....	33
Densidad.....	33
Volumen Específico.....	33
Peso Específico.....	34
Número de Reynolds.....	34
Pérdidas en Flujos Desarrollados en Tubo.....	35
Pérdidas Mayores.....	35
Pérdidas Menores.....	35
PROTOCOLO DE MONTREAL.....	36
CALENTAMIENTO GLOBAL (GWP).....	36
DESCRIPCIÓN DE DISTINTOS MÉTODOS DE ANÁLISIS DE RIESGO.....	37
Método del Riesgos Intrínseco.....	37
Método Grétener.....	38
Método del Índice Dow de Incendios y Explosión.....	39
Método HAZOP.....	40
Método WHAT IF.....	40

Método MESERI.....	41
--------------------	----

## CAPÍTULO I

Descripción de Áreas y Análisis de Riesgo.....	43
Descripción de las Aéreas a Proteger.....	43
Análisis de Riesgo de Incendios.....	50
Metodología del Cálculo de Riesgos.....	63
Evaluación del Riesgo en el Edificio Nro.1.....	65
Evaluación del Riesgo en el Edificio Nro.2.....	66

## CAPÍTULO II

Selección de Agente Extintor.....	67
Agente NOVEC 1230.....	68
Sistema de Supresión de Incendio Mediante Agente Limpio SAPPHIRE.....	70
Agente FM-200.....	74
Agente INERGEN.....	75
Cuadro Comparativo de Agentes de Extinción.....	77
Agente CLEANGUARD FE-36.....	78
Extintores Portátiles de CLEANGUARD FE-36.....	79

## CAPÍTULO III

Desarrollo de las Mediciones y Cálculos.....	82
Medición de Volúmenes en el Edificio Nro.1.....	82
Mediciones de Temperaturas en el Edificio Nro.1.....	91
Cálculo del Agente Necesario en el Edificio Nro.1.....	92
Ajuste de la Cantidad de Agente por el Factor Altitud en el Edificio Nro.1.....	95
Verificación de la Concentración de Diseño para la Máxima Temperatura medida en el Edificio Nro.1.....	96
Verificación de la Concentración de Diseño a la Temperatura Promedio medida en el Edificio Nro.1.....	96

Selección de Boquilla en el Edificio Nro.1.....	97
Selección del Tanque, Válvulas y Tuberías en el Edificio Nro.1.....	99
Verificación del Diseño del Sistema Mecánico.....	103
Cálculo del Diámetro de los Orificios de Descarga en la Boquilla.....	108
Diseño del Sistema de Detección Automático y Alarma.....	109
Medición de volúmenes en el Edificio Nro.2 (Área de Servidores).....	113

#### CAPÍTULO IV

Elaboración de Planos.....	117
Plano Mecánico Referencial Edificio Nro.1.....	118
Vistas Isométricas de las Salas a Proteger del Edificio Nro.1.....	119
Plano Eléctrico Referencial Edificio Nro.1.....	121
Plano de Planta del Sistema Mecánico Normalizado.....	122
Plano Isométrico del Sistema Mecánico Normalizado.....	123
Plano de Planta del Sistema Eléctrico Normalizado.....	124

#### CAPÍTULO V

Estimación de Costos y Presupuestos.....	125
Cálculo de los Costos Mecánicos por Sala.....	126
Costo Estimado de Insumos Eléctricos Nacionales.....	130
Cálculo de los Costos del Sistema de Detección y Alarma.....	131
Presupuesto Total Estimado.....	132

CONCLUSIONES.....	133
-------------------	-----

RECOMENDACIONES.....	134
----------------------	-----

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	135
---------------------------------	-----

APÉNDICES.....	138
----------------	-----

ANEXOS.....	146
REPORTES DEL PROGRAMA HIDRÁULICO.....	154
PLANOS.....	180

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1 Leyenda Edificio Nro.1	45
Tabla 2 Leyenda Edificio Nro.2	48
Tabla 3 Propiedades Físicas del Agente NOVEC 1230	68
Tabla 4 Beneficios del Agente FM-200	75
Tabla 5 Beneficios del Agente INERGEN	76
Tabla 6 Comparación de los Agentes Limpios de Extinción	77
Tabla 7 Cuadro Resumen de Volúmenes Neto	90
Tabla 8 Temperaturas Sala 1	91
Tabla 9 Temperaturas Sala 2	91
Tabla 10 Temperaturas Sala 3	91
Tabla 11 Temperaturas Sala 4	92
Tabla 12 Temperaturas Promedios	92
Tabla 13 Concentraciones de Diseño para el Sistema SAPPHIRE	93
Tabla 14 Tabla de Cantidad de Flujo Total (unidades Inglesa)	94
Tabla 15 Factores de Corrección Atmosférica del Agente NOVEC 1230	95
Tabla 16 Resultado de la Cantidad Real de Agente NOVEC 1230 Necesaria	97
Tabla 17 Especificaciones de Boquillas de Descarga para el Sistema SAPPHIRE	98
Tabla 18 Ajuste de la Cantidad de Agente NOVEC 1230 Requerido	99
Tabla 19 Especificaciones del Tanque Nominal para el Sistema SAPPHIRE	99
Tabla 20 Rango de Flujo según el Diámetro de la Tubería	100
Tabla 21 Cuadro Resumen de Accesorios y Distribución de Tuberías	102
Tabla 22 Especificaciones de Válvula Flexible para el Sistema SAPPHIRE	102
Tabla 23 Resumen de la Caída de Presión en Sala 1	105
Tabla 24 Resumen de la Caída de Presión en Sala 2	106
Tabla 25 Resumen de la Caída de Presión en Sala 3	107
Tabla 26 Resumen de la Caída de Presión en Sala 4	107
Tabla 27 Caída de Presión de Todas las Salas	107
Tabla 28 Resultados del Programa de Análisis Hidráulico	109

Tabla 29 Funcionamiento del Sistema de Detección y Alarma	112
Tabla 30 Volúmenes Neto de las Zonas Críticas del Edificio Nro.2	114
Fig. 1 Triángulo del Fuego	8
Fig. 2 Tetraedro del Fuego	9
Fig. 3 Logo del Fuego Clase A	9
Fig. 4 Logo del Fuego Clase B	10
Fig. 5 Logo del Fuego Clase C	10
Fig. 6 Logo del Fuego Clase D	10
Fig. 7 Logo del Fuego Clase K	11
Fig. 8 Edificio Nro.1 (vista1)	43
Fig. 9 Edificio Nro.1 (vista2)	43
Fig. 10 Sala 1	44
Fig. 11 Sala 2	44
Fig. 12 Sala 3	45
Fig. 13 Sala 4	45
Fig. 14 Plano de la Distribución de Zonas Edificio Nro.1	46
Fig. 15 Edificio Nro.2 (vista interior)	47
Fig. 16 Plano de la Distribución de Zonas Edificio Nro.2	49
Fig. 17 Plano de Planta Referencial de Data Centro	83
Fig. 18 Corte Transversal Sala 1	84
Fig. 19 Corte Transversal Sala 2	85
Fig. 20 Corte Transversal Sala 3	87
Fig. 21 Corte Transversal Sala 4	89
Fig. 22 Esquema del Sistema en Sala 1	104
Fig. 23 Esquema del Sistema en Sala 2	105
Fig. 24 Esquema del Sistema en Sala 3	106
Fig. 25 Esquema del Sistema en Sala 4	107
Fig. 26 Ubicación de los Dispositivos del Sistema de Detección y Alarma	111
Fig. 27 Especificaciones de los Diferentes Modelos de Extintores FE-36	115
Fig. 28 Ubicación del Extintor de Agente CLEANGUARD FE-36	116

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día se ha hecho necesaria e imprescindible la existencia de sistemas de extinción de incendios en hogares, sitios de trabajo, industrias, comercios, etc., a manera de resguardo y protección de bienes, información o simplemente preservar la vida ante un evento no deseado. Se llama extinción de incendios al conjunto de medidas que se disponen en las edificaciones para protegerlos contra la acción del fuego.

Entre los factores que inciden en el inicio de un incendio tenemos el sabotaje, podemos citar como ejemplo una situación que fue producida el 16/03/2010 en las oficinas del rectorado causando pérdidas que fueron estimadas en 2.000.000 BsF. Este hecho se pudo haber evitado si se hubiese contado con un sistema eficaz de protección contra incendio.

Los sistemas perfectos para este caso, son los llamados sistemas por inundación total, cuyo principio de funcionamiento se basa en inundar completamente el área a proteger con un agente extintor preseleccionado, y en forma instantánea ante la posible ignición de una fuente de incendio, arrojando o bañando de manera inmediata esa fuente, protegiendo el resto de las áreas y materiales que allí se encuentren.

En este trabajo buscamos diseñar un sistema que nos permita 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.

Nuestro punto de partida en el diseño del sistema será la selección del agente extintor, para lo cual se tomarán en cuenta los factores técnicos-ambientales, efectividad, disponibilidad en el mercado, servicio, etc. Nosotros nos enfocamos en elegir un agente limpio de extinción por gas, procurando atender a la necesidad que existe hoy en día de preservar el medio ambiente y la vez que cumpla lo mejor posible la función de proteger y de no dañar los bienes que allí se encuentren en caso de activación de incendio. Ya conocido el agente extintor adecuado, estudiaremos cual será la mejor distribución de las partes y accesorios que componen nuestro sistema, como tanques o bombonas, tuberías, boquillas, detectores, conectores, pulsadores, alarmas tanto visual como sonora, etc. Para garantizar de esta manera un excelente sistema de extinción contra incendios.

Ya obtenidos los resultados de cómo será el sistema completo, se determinó el costo total haciendo un estimado en dólares y en bolívares fuertes. Y se elaboraron los respectivos planos del diseño.

En todo momento nos guiamos y respetamos las normas que refieren a este tema, según la NFPA 2001 (National Fire Protección Association) que trata sobre “Sistemas de Extinción de Incendios con Agentes Limpios” que rige esta materia desde 1896. Así como lo referente al Código Eléctrico Nacional vigente para el caso de las instalaciones y conexiones eléctricas.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El fuego es un fenómeno al que muy poca importancia se le da, hasta el momento que ocurre provocando la destrucción de bienes materiales, también de valiosa información y pudiendo causar pérdidas humanas. Esta situación se presenta en gran medida por no contar con los mecanismos adecuados para detectar el fuego en sus inicios, además de un sistema de extinción que impida el desarrollo de un incendio.

La Dirección de Tecnología, Información y Comunicación de la UCV es un área vital para la universidad, porque allí se procesa y almacena data de mucha importancia para los procesos educativos, administrativos, así como el control total de las comunicaciones a nivel de todo el campus universitario. La ocurrencia de un incendio en esta área afectaría negativamente el funcionamiento administrativo de la UCV, impactando colateralmente a todas las facultades en su normal desenvolvimiento.

El decreto presidencial 2195 establece en el Capítulo II del Reglamento sobre Prevención de Incendios en su artículo 23 que: “En los locales de trabajo, residenciales, asistenciales, educacionales y recreativos, deberán instalarse equipos o sistemas de detección, alarma y extinción de incendio, portátiles o fijos, automáticos, mecánicos o manuales, de acuerdo a la naturaleza del riesgo existente en los mismos, tomando en consideración el tipo de construcción y el grado de exposición”. Así como la norma COVENIN 823 - (1, 2, 3, 4) expresa los requisitos mínimos de protección contra incendios según el tipo de edificación. La DTIC no cuenta en la actualidad con ningún sistema de extinción de incendios eficaz, razón por la cual debemos procurar una eficiente protección de los bienes materiales y del valioso talento humano que allí labora. Para esto debemos realizar la selección de un efectivo sistema de detección y extinción de incendios.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Diseñar un sistema de protección contra incendio para la Dirección de Tecnología, Información y Comunicación de la UCV, ubicada en el edificio del Rectorado.

### **Objetivos Específicos**

- Describir y determinar las características de ocupación de las aéreas a proteger.
- Realizar los análisis de riesgo a la Dirección de Tecnología, Información y Comunicación de la UCV.
- Seleccionar el sistema de protección contra incendios más adecuado realizando un estudio de factores técnicos, económicos y ambientales.
- Desarrollar los cálculos correspondientes al diseño del sistema de protección contra incendios.
- Elaborar planos, especificaciones y sus respectivos cómputos métricos, del sistema de protección contra incendios.
- Estimación de los costos del diseño del sistema de protección contra incendios.

## MARCO TEÓRICO

### QUÍMICA DEL FUEGO. CONCEPTOS BÁSICOS

El fuego es una reacción de combustión que se caracteriza por la emisión de calor acompañada de humo, de llamas o de ambos.

Al ser la combustión una oxidación, habrán de intervenir, para que ésta se produzca, un material que se oxide, al que llamaremos Combustible, y un elemento oxidante, que llamaremos Comburente. Para que la reacción de oxidación comience, habrá que disponer, además, de una cierta cantidad de energía, que llamaremos Energía de Activación.

### COMBUSTIBLE, COMBURENTE, ENERGIA DE ACTIVACIÓN

Combustible: Sustancia que en presencia de oxígeno y aportándole una cierta energía de activación, es capaz de arder. Los combustibles pueden clasificarse, según su naturaleza:

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

Comburente: Sustancia en cuya presencia el combustible puede arder. De forma general, se considera al oxígeno como el comburente típico. Se encuentra en el aire en una concentración del 21% en volumen. Existen otros, tales como el ácido perclórico, el ozono, el peróxido de hidrógeno, etc.

Energía de Activación: Es la energía necesaria para que la reacción se inicie. Las fuentes de ignición que proporcionan esta energía pueden ser: sobrecargas o cortocircuitos eléctricos, rozamientos entre partes metálicas, equipos de soldadura, estufas, reacciones químicas, chispas, etc.

## **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. 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**

Combustiones Lentas: Se producen sin emisión de luz y con poca emisión de calor. Se dan en lugares con escasez de aire.

Combustiones Rápidas: Son las que se producen con fuerte emisión de luz y calor, con llamas.

## **RESULTADOS DE LA COMBUSTION**

Los resultados de la combustión son humo, llama, calor y gases:

Humo: Aparece por una combustión incompleta, en la que pequeñas partículas se hacen visibles, pudiendo impedir el paso de la luz. El humo puede ser también inflamable, cuando la proporción de oxígeno y calor es la adecuada. Su color depende de los materiales que estén quemándose:

- 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.

Llama: La llama es un gas incandescente. Como norma general diremos que, el fuego, en una atmósfera rica en oxígeno, es acompañado de una luminosidad llamada Llama, que se manifiesta como el factor destructivo de la combustión, raramente separado de ella.

Calor: El calor es sumamente importante ya que es el culpable de numerosos incendios. La definición más aproximada de calor es la siguiente: "Es el efecto del movimiento rápido de las partículas, conocidas como moléculas, que forman la materia".

Se saben con certeza los efectos del calor y la importancia a la hora de hablar de incendios, por ello vamos a fijar los siguientes conceptos:

Diferencia entre calor y temperatura: Calor es el flujo de energía entre dos cuerpos con diferente temperatura. La temperatura nos indica el nivel de energía interna de cada cuerpo.

Transmisión del calor: En el estudio del fuego, es muy importante saber cómo actúa el calor y como se transmite, ya que es la causa más común de los incendios y de la expansión de los mismos. Las principales formas de propagación son:

- **Conducción:** Intercambio de calor que se produce de un punto a otro por contacto directo a través de un medio conductor.
- **Convección:** Es el proceso de transmisión del calor a través de movimientos del aire.
- **Radiación:** Es el proceso de transmisión de calor de un cuerpo a otro a través de un espacio. El calor radiado no es absorbido por el aire, por lo que viajará en el espacio hasta encontrar un cuerpo opaco que sí lo absorba.

Contacto directo de la llama: Cuando una sustancia es calentada hasta el punto en que emite vapores inflamables. Estos vapores, al entrar en combustión, hacen que ardan las sustancias de su alrededor y así sucesivamente.

Gases: Los gases son el producto resultante de la combustión. Pueden ser tóxicos, constituyendo uno de los factores más peligrosos de un incendio.

## **TRIÁNGULO DEL FUEGO**

Los elementos necesario para que exista "Fuego" deben ser siempre tres: combustible, comburente y la energía de activación. Si uno de ellos no se encuentra presente no habrá fuego. Este es uno de los criterios básicos utilizados para combatir el fuego, al eliminar cualquiera de estos tres elementos.



**Fig. 1 Triángulo del Fuego**

## TETRAEDRO DEL FUEGO

Los cuatro elementos necesarios para que tenga continuidad un fuego se han venido a llamar Tetraedro del fuego. Para que se produzca fuego son suficientes tres componentes: combustible, comburente y energía de activación. Cuando entra en la reacción el cuarto componente llamado reacción en cadena, el fuego continúa. Ante la ausencia de cualquiera de estos elementos el fuego se extingue.



Fig. 2 Tetraedro del Fuego

## CLASIFICACIÓN DE LOS FUEGOS

Fuegos de Clase A: Son los producidos o generados por combustibles sólidos, tales como madera, carbón, paja, tejidos, papel, goma, algunos plásticos, etc. El agua es utilizada para el efecto de enfriamiento a fin de reducir la temperatura de los materiales incendiados por debajo de su temperatura de ignición. Retienen el oxígeno en su interior, formando brasas. El símbolo que se usa es la letra A en color blanco, sobre un triángulo con fondo verde.

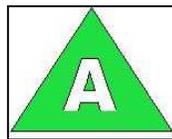


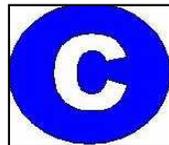
Fig. 3 Logo del Fuego Clase A

Fuegos de Clase B: Son los producidos o generados por combustibles líquidos, tales como gasolinas, aceites, pinturas, grasas, parafina, etc. El efecto de sofocación por exclusión de oxígeno es el más efectivo. Su símbolo es una letra B en color blanco, sobre un cuadrado con fondo rojo.



**Fig. 4 Logo del Fuego Clase B**

Fuegos de Clase C: Son los producidos o generados por equipos eléctricos energizados, tales como los electrodomésticos, los interruptores, cajas de fusibles, herramientas eléctricas, etc. Este tipo de incendios puede ser controlado por medio de un agente extintor no conductor. Su símbolo es la letra C en color blanco, sobre un círculo con fondo azul.



**Fig. 5 Logo del Fuego Clase C**

Fuegos de Clase D: Son los producidos o generados por metales combustibles, tales como magnesio, titanio, circonio, sodio y potasio. Las altas temperaturas de algunos metales en combustión hacen que el agua y otros agentes extintores comunes resulten ineficientes. Existen agentes extintores especiales para cada uno de los metales, y son identificados específicamente para ese metal. Su símbolo es la letra D en color blanco, en una estrella con fondo amarillo.



**Fig. 6 Logo del Fuego Clase D**

Fuegos de Clase K: Son los producidos o generados por aceites vegetales, los cuales no están comprendidos en los de clase B. Este tipo de incendio no debe arrojársele agua, ya que se produce una reacción química que origina explosiones que ponen en riesgo la integridad del personal actuante. Su símbolo es una letra K en color blanco, en un hexágono de fondo anaranjado.



**Fig. 7 Logo del Fuego Clase K**

## **CAUSAS MÁS FRECUENTES DE INCENDIOS**

Causas Naturales: Efecto de lupa (vidrios rotos), rayos, etc.

Causas Humanas: Imprudencias, mala vigilancia, fogatas mas apagadas, trabajos mediante calor (soplete, soldadura de arco), etc.

Corriente Eléctrica: Instalaciones sobrecargadas, cortocircuitos, etc.

Aparatos de Calefacción de Llama Viva: Chimeneas, estufas, etc.

Líquidos Inflamables: Los vapores que emiten son inflamables y forman, con el aire, mezclas explosivas.

Gases Inflamables: Mezclados con el aire pueden explotar al entrar en contacto con un punto de ignición.

Electricidad Estática: Debida al frotamiento de dos cuerpos, pueden producirse chispas. Únicamente una puesta a tierra bien proyectada puede eliminar este peligro.

## **MÉTODOS DE LA EXTINCIÓN DEL FUEGO**

La extinción del fuego está basada en la interrupción de uno o más factores de los elementos esenciales del proceso de combustión. La combustión con llama puede ser extinguida reduciendo la temperatura, eliminando el combustible, el oxígeno o deteniendo la reacción química en cadena.

Extinción por Reducción de Temperatura: Uno de los métodos más comunes de extinción es por enfriamiento con agua. El proceso de extinción por enfriamiento depende del enfriamiento del combustible hasta el punto donde no se produzcan vapores suficientes que se puedan encender. La reducción de la temperatura depende de la aplicación de un caudal adecuado y en forma apropiada para así lograr establecer un balance negativo de calor.

Extinción por Eliminación del Combustible: En algunos casos, un incendio puede ser extinguido eficientemente con la remoción de la fuente de combustible. Esto se puede lograr deteniendo el flujo de combustible líquido o gaseoso, o removiendo sólidos del área de incendio. Otro medio de remoción del combustible es permitir que el incendio continúe hasta que el combustible sea consumido.

Extinción por Dilución de Oxígeno: Es la reducción de la concentración de oxígeno dentro del área de incendio. Esto se puede lograr introduciendo un gas inerte dentro del incendio o separando el oxígeno del combustible, este método de extinción no será efectivo en materiales auto oxidantes o en ciertos materiales que sean oxidados por el bióxido de carbono o nitrógeno.

Extinción por Inhibición Química de la Llama: Algunos agentes extintores, tales como el polvo químico seco y el halón, interrumpen la producción de llama en la reacción química, resultando una rápida extinción. Este método solo es efectivo en

combustibles líquidos y gases, ya que ellos no pueden arder en la forma de fuego latente.

## **AGENTES DE EXTINCIÓN DEL FUEGO**

Extinción con Agua: Podría suponerse que el agua es el agente extintor más utilizado porque se encuentra en abundancia, es económico y fácilmente disponible. Resulta que, es de gran efectividad y es mejor agente extintor que cualquier otro líquido conocido, para la mayoría de los fuegos. Sin embargo, ha variado con las nuevas tecnologías y cuyo uso es muchas veces contraproducente o peligroso. El agua puede extinguir un fuego mediante una combinación de varios mecanismos y sus efectos son los siguientes:

- Choque, una masa líquida en forma de chorro a presiones convenientes, corta la base de la llama.
- Enfriamiento, al poseer alto calor específico, el agua absorbe calor de la combustión, y esta vaporización del agua enfría la propia llama y reduce el fuego.
- Sofocación, al evaporarse el agua forma sobre el fuego una atmósfera inerte. Este vapor dificulta el paso del oxígeno que por inhibición sofoca el fuego y, bloquea la radiación de calor.

Algunas de las características del agua es que, puede absorber más calor que cualquier otro agente extintor, tiene un alto calor de evaporación por unidad de peso, por lo menos cuatro veces mayor que el de cualquier líquido no inflamable, al evaporarse aumenta hasta 1700 veces su volumen inicial, diluyendo la mezcla aire-gas que mantiene la combustión. Además no es nada tóxica. Se puede almacenar a presión y temperaturas normales. Su punto de ebullición, 100°C, está muy por debajo de los 250°C - 450°C que es la temperatura de pirolisis de la mayoría de los sólidos combustibles. Ningún otro líquido posee todas estas propiedades, además de su bajo

precio. Sin embargo, el agua no es un agente extintor perfecto. Se congela a los 0°C, conduce la electricidad y puede estropear algunos bienes de modo irreversible.

Los dos modos más corrientes de aplicar el agua a un fuego son mediante un chorro continuo o pulverizado; con una manguera, o pulverizándola a través de rociadores automáticos. Según la clase de fuego, la aplicación del agua debe ser variada. Tenemos que para los fuegos de clase A es conveniente el empleo de chorros compactos, por su poder de penetración; en fuegos de clase B es mejor utilizar el agua pulverizada, por su alto poder enfriante; para los fuegos de clase C y D el agua es ineficaz o peligrosa.

Extinción con Espuma Acuosa: La principal aplicación de los agentes espumantes acuosos es la lucha contra fuegos de líquidos inflamables, como los hidrocarburos. Es un agente extintor especial para fuegos de clase B, pero la espuma es igualmente un extintor excelente en fuegos de clase A. Otra aplicación importante de las espumas acuosas son los líquidos o sólidos ardiendo, en lugares de difícil acceso y en recintos confinados a bajos niveles, como los sótanos, plantas subterráneas, bodegas de barcos, etc. La espuma presenta una gran eficacia en la extinción por inundación total.

La espuma contra incendios es una masa de burbujas formada a partir de soluciones acuosas de fórmulas especiales, por varios métodos. El fino espesor de las paredes de las burbujas, posee una influencia directa en la capacidad extintora de la espuma. Como la espuma es mucho más ligera que cualquier líquido inflamable, flota en el mismo formando una capa continua de material acuoso, que aísla mediante vapor la superficie en ignición del aire, enfriándola y evitando o parando su combustión. Existen dos tipos de espuma que se producen por métodos especiales:

- Espuma química: se genera por reacción química a partir de la cual una masa de burbujas contenido CO<sub>2</sub> forma una capa de espuma.

- Espuma física: se genera por acción mecánica del agua con un agente espumante, produciendo burbujas de aire.

Extinción con Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>): Es un gas inodoro e incoloro. Su principal efecto extintor es de sofocación ya que posee una densidad mayor que la del aire y lo desplaza, si bien al utilizarlos notamos la baja temperatura a la que es expulsado su efecto real de enfriamiento es pobre. Se presenta en varias formas que son, gas, líquido, sólido y hielo seco, de las cuales ninguna es combustible. Se almacena en los extintores y bombonas en estado líquido a presión de unos 90 Kg/cm<sup>2</sup>. Al salir del extintor se expande y produce una especie de nieve conocida como “Nieve Carbónica”, a una temperatura alrededor de unos 78°C bajo cero.

El sistema extintor a base de CO<sub>2</sub> actúa principalmente por reducción del contenido de oxígeno en el aire. Una atmósfera que contenga del 20 al 25% de CO<sub>2</sub> no es apta para la combustión, por lo que cuando en un recinto o local se llega a esta proporción no podrá existir el fuego y tampoco es posible respirar en el ambiente, haciéndose asfixiante hasta un punto en el que las personas que haya alrededor pueden sufrir efectos nocivos.

Las principales propiedades del CO<sub>2</sub> son: no es conductor de la electricidad, no es tóxico ni corrosivo, no moja ni deja residuos, y no reacciona con la mayoría de las sustancias. Pero presenta limitaciones y desventajas que son: como desplaza el aire no se puede usar en materiales que contengan oxígeno, no es indicado para fuegos de clase A ya que deja brasas con peligro de reignición, no es práctico en lugares abiertos o muy ventilados, y no es útil para fuegos de clase D porque no extingue ciertos metales. Su efectividad patente en la mayoría de los fuegos, hace su uso recomendado en casi todas las emergencias.

Extinción con Agentes Químicos Secos: El polvo químico está compuesto por una mezcla de sales metálicas finamente pulverizadas. Este producto extintor en estado

pulverulento, va adicionado con un agente de tipo hidrófugo que impide el apelmazamiento del polvo, por humedad ambiental. Los polvos químicos secos suponen una alternativa al CO<sub>2</sub> y a los halones, para la extinción de los fuegos sin utilizar agua. Estos polvos, que tienen 10 a 75 micras de tamaño, se proyectan por medio de un gas inerte bajo presión, el lanzamiento del polvo fuera del aparato extintor, se expulsa a través de pistolas difusoras, boquillas o tuberías.

Una de las cosas buenas de los polvos químicos es que no son tóxicos. Los productos resultantes de su descomposición por el calor no representan para el organismo ningún tipo de peligro por inhalación o irritación cutánea. Tampoco son corrosivos para cualquier tipo de superficie, inclusive en piezas de maquinaria. A pesar de estas ventajas en cuanto a sus residuos, se debe tomar ciertas consideraciones para la protección de equipos que operen con energía eléctrica.

Se distinguen tres grupos principales de polvos químicos extintores, en función de las diferentes clases de fuego que puedan intervenir. En general la acción extintora posee una misma base, sofocar el fuego por acción de ahogo. Los diferentes tipos de polvos químicos secos son:

- Polvos convencionales: Excelentes para extinción de fuegos clase B, C y fuegos eléctricos. La materia de base se compone fundamentalmente de hidrocarbonados o sulfatos. Los aditivos que se añaden repelen el agua, evitando el apelmazamiento, asegurando una fácil proyección y conservación para facilitar el flujo libre.
- Polvos polivalentes: Efectivos en fuegos clase A, B, C y fuegos eléctricos. Principalmente fosfatos forman la materia base. Como también mezclas de sales amónicas, con los correspondientes aditivos para facilitar una perfecta conservación, fácil proyección y evitar el apelmazamiento.

- Polvos especiales: Eficaces para fuegos de características muy especiales como lo son los fuegos de metales. La materia de base la forma una sal adecuada al tipo específico del metal y a la cual se adicionan o agregan determinados compuestos que dan a estos polvos extintores características de buena conservación y fluidez.

Extinción con Gases Inertes: Los gases inertes en la tecnología del fuego, son relativamente nuevos, su aplicación y como todos los agentes es tratar de atacar a cualquiera de los elementos participantes en la iniciación de fuegos. Estos compuestos extinguen el fuego reduciendo la concentración de oxígeno en el ambiente, haciendo de este, una atmósfera no apta para la combustión.

Las principales aplicaciones de estos agentes, es en donde se desee menor cantidad de residuos que afecte el espacio protegido, como por ejemplo: salas de baterías, salas de almacenamiento de cintos y records de informática, salas de computación, etc.

Estos gases inertes no son tóxicos para la salud ni se les asocia con ningún daño ambiental, como reducción de la capa de ozono, calentamiento global, esto responde a que son gases presentes en la naturaleza.

## **SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS**

En el área de la ingeniería de protección contra incendio existen diversas tecnologías, pero se hace evidente que la aplicabilidad de ellas es cuestionable para ciertos escenarios. La intención es conocer las características básicas de los sistemas de protección contra incendios y su funcionamiento de una manera simplificada. Los sistemas de protección contra incendios se dividen básicamente en dos, que son los sistemas portátiles de extinción y los sistemas fijos de extinción.

## **SISTEMAS PORTÁTILES DE EXTINCIÓN: EXTINTORES**

Un extintor es un aparato compuesto por un recipiente metálico o cuerpo que contiene el agente extintor, que ha de presurizarse, constantemente o en el momento de su utilización, con un gas impulsador.

Si el extintor está constantemente bajo presión, el gas impulsor se encuentra en contacto con el agente extintor en el interior del cuerpo, a este tipo se le llama de Presión Incorporada, estando generalmente equipados con un manómetro que indica la presión interior. Si el extintor se presuriza en el momento de su disparo o utilización, el gas impulsador está contenido en un botellín de gas independiente, a este tipo se le llama de Presión Adosada. Estos extintores, al ser presurizados en el momento de su uso, deberán ir provistos de una válvula de seguridad.

### Clasificación Según la Forma de Impulsión

- CO<sub>2</sub>: Es el más utilizado. Se emplea en seco para presurizar extintores de polvo seco, agua y espumas.
- Nitrógeno: Se emplea a veces en sustitución del CO<sub>2</sub> como impulsor de extintores de polvo, agua, espuma y halones.
- Aire: Solo se utiliza para presurizar extintores de agua.

### Clasificación Según la Sustancia Extintora

- Agua: El extintor de agua es aquél cuyo agente extintor está constituido por agua o por una solución acuosa y un gas auxiliar. Los extintores pueden ser de agua a chorro o de agua pulverizada.
- Espuma: El extintor de espuma es aquél que proyecta mediante presión de un gas auxiliar, una emulsión, o una solución que contenga un producto emulsor, formándose la espuma al batirse la mezcla agua-emulsor con el aire.

- Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>): El extintor de CO<sub>2</sub> es aquél cuyo agente extintor está constituido por este gas, en estado líquido, proyectado en forma sólida llamada Nieve Carbónica, la proyección se obtiene por la presión permanente que crea en el aparato el agente extintor.
- Polvo: El extintor de polvo es aquél cuyo agente extintor se halla en estado pulverulento y es proyectado mediante la presión proporcionada por la liberación de un gas auxiliar o por una presurización previa.

### Instalación del Extintor

Una vez elegido el tipo, clase y tamaño del extintor, éste debe ser instalado adecuadamente, es decir, próximo a aquellos lugares que debe proteger, ya que en ellos se estima que hay una mayor probabilidad de incendio. Protegen un alcance de 15 metros. Deben ser fáciles de alcanzar y localizar. Para ello es conveniente situarlos distribuidos de una forma regular, estando alguno cerca de las puertas y accesos, sin obstrucciones que impidan alcanzarlos y a una altura asequible (1,70 m). Es también conveniente señalar su posición.

### Técnicas de Extinción

En primer lugar, hay que señalar, que un extintor es tanto más eficaz cuanto antes se ataque el fuego. Dado que cada extintor tiene sus instrucciones particulares de uso, en función de su modelo y fabricante, es fundamental conocerlas con anterioridad a una emergencia.

Los extintores de presión incorporada se operan soportando, con una mano, el extintor por la válvula, accionando ésta mediante una presión de la misma mano y manejando la manguera y la boquilla con la otra mano. En los extintores de presión adosada, se libera el gas impulsor mediante pulsación de la palanca o percutor, o abriendo la válvula que cierra el botellín. A continuación se levanta el extintor con

una mano por el soporte o asa que lleva el cuerpo, dirigiendo la manguera y operando la pistola con la otra mano.

La extinción de las llamas se realiza de una forma análoga en todos los casos. Se dirige el agente extintor hacia la base de las llamas más próximas, moviendo el chorro en zigzag y avanzando a medida que las llamas se van apagando, de modo que la superficie en llamas disminuya de tamaño, evitando dejar focos que podrían reavivar el fuego. Si es posible, se ha de procurar actuar con el viento a favor, de este modo no solo nos afectará menos el calor sino que las llamas no re incendiarán zonas ya apagadas.

Después de su uso, hay que recargar el extintor, aún cuando no haya sido necesario vaciarlo del todo, ya que no sólo puede perder la presión, sino que en otra emergencia la carga residual puede no ser suficiente.

## **SISTEMAS FIJOS DE EXTINCIÓN**

Toda instalación fija de extinción de incendios, persigue dos elementos fundamentales, atacar el fuego de forma inmediata, y limitar la propagación del mismo. Así se obtiene una medida del grado de seguridad que se precisa y que la instalación proporciona.

Debe tomarse en cuenta que la extinción por estos medios no pretende en absoluto prescindir de la actuación de los efectivos encargados del ataque del fuego, ya que ésta no es solamente complementaria, sino necesario para cualquier sistema automático, debido a que, la instalación puede presentar fallos por defectuosos mantenimientos de funcionamiento, necesidad del reconocimiento del área tras el incendio, interrupción del sistema para evitar gastos innecesarios del agente extinguidor, averías en materiales o equipos por calidad cuestionables, negligencia de vigilancia.

Los sistemas fijos de protección contra incendios funcionan con un principio básico de almacenaje de fluido, transporte, descarga hacia el ambiente a proteger y un sistema de detección. Dependiendo del fluido utilizado algunos componentes varían en su complejidad de instalación, forma, diseño, efectividad.

Los componentes de un sistema fijo de extinción contra incendios son:

- Almacén del agente extinguidor.
- Sistema de distribución.
- Boquillas de descarga.
- Sistema de detección y alarma.

#### Clasificación de los Sistemas Fijos de Extinción

Según el Modo de Aplicación:

- Sistemas semifijos: El agente extintor es transportado por una conducción e impulsado sobre el fuego a través de una manguera y lanza o monitor móvil.
- Sistemas fijos: El agente extintor es transportado por una conducción e impulsado sobre el fuego a través de boquillas fijas adosadas a la misma.
- Sistemas móviles: El agente extintor es transportado e impulsado sobre el fuego mediante un vehículo automotor.

Según el Sistema de Accionamiento: Manual, automático, y doble accionamiento.

Según la Zona de Actuación: Parcial, y por inundación total.

### Sistemas Fijos de Extinción Automática

Sistemas de Agua: Los sistemas con agua son los más difundidos, por ser el agua el agente extintor más económico.

#### Instalaciones semifijas:

- Columna seca: Instalación formada por una canalización de acero, vacía, con bocas a diferentes alturas, con acoplamiento para manguera y toma de alimentación.
- Bocas de incendios o hidrantes exteriores: Bocas para la toma de agua, subterráneas o de superficie, con alimentación a través de una red de agua a presión, válvula de accionamiento manual y una o varias bocas con racores.
- Bocas de incendio equipadas o Bies: Instalación formada por una conducción independiente de otros usos, siempre en carga, con bocas y equipos de manguera conexos en diferentes localizaciones.

#### Instalaciones fijas:

- Rociadores automáticos o Sprinklers: Son las instalaciones fijas automáticas más extendidas, porque en cierta forma engloban las tres etapas fundamentales de la lucha contra el fuego: detección, alarma y extinción. La instalación, conectada a una o más fuentes de alimentación, consta de una válvula de control general y de unas canalizaciones ramificadas, bajo carga, a las cuales se adosan unas válvulas de cierre, o cabezas rociadoras, llamadas "Sprinklers", que se abren automáticamente al alcanzarse una determinada temperatura

Instalaciones mixtas:

- Agua pulverizada: El agua en forma pulverizada se utiliza tanto en instalaciones semifijas como en instalaciones fijas, ya sean con accionamiento manual y/o automático, dotando a las lanzas o monitores de mecanismos susceptibles de transformar el agua a chorro en pulverizada.

Sistemas de Espumas: Por su base acuosa son similares a las de agua. Pueden ser de tipo fijo o semifijo en función del riesgo, de su ubicación, etc. Para incendios en ciertos locales con acceso difícil por su ubicación, como los sótanos, se utiliza el método de extinción por inundación total mediante generadores de espuma de alta expansión.

Sistemas de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>): Las instalaciones de CO<sub>2</sub> pueden ser fijas o semifijas. En todos los casos la sustancia extintora está almacenada en botellas de 30 a 50 kg, o en depósitos de gran capacidad a baja presión. En caso de riesgos localizados con presencia de personal, se recurre más a instalaciones fijas de descarga local y accionamiento manual. En caso de una previsible rápida propagación del incendio, o donde no exista presencia de personal, se recurre a instalaciones fijas por inundación total con porcentajes de CO<sub>2</sub> del orden del 30% en volumen. Esta descarga en locales con presencia de personal provocaría su muerte, por lo que debe programarse una alarma y un cierto retardo antes de la descarga, especialmente en sistemas automáticos.

Sistemas de Polvo: El polvo seco, a pesar de ser un agente extintor excelente, es menos utilizado en instalaciones fijas de extinción, debido a las dificultades de conseguir un correcto medio para transportarlo y una descarga uniforme. Cuando exista presencia constante de personal, puede recurrirse a un sistema semifijo con un depósito de polvo con presión auxiliar por botella de gas, al cual se adosa una manguera y boquilla especial.

Sistemas de Agente Limpio: Los agentes limpios son agentes extintores gaseosos que no dejan residuos y que no transmiten electricidad. Incluyen tanto a los agentes de halocarbono, los agentes gaseosos inertes, y los nuevos agentes como el NOVEC1230.

## **SISTEMAS DE DETECCIÓN Y ALARMA CONTRA INCENDIOS**

Los sistemas de detección y alarma, tienen por objeto descubrir rápidamente el incendio y transmitir la noticia para iniciar la extinción y la evacuación.

Las instalaciones fijas de detección de incendios, permiten la detección y localización automática o semiautomática, accionando los sistemas fijos de extinción de incendios. Estas pueden vigilar permanentemente zonas inaccesibles a la detección humana. Las funciones del sistema de detección de incendios son:

- Detectar la presencia de un conato de incendio con rapidez, dando una alarma preestablecida.
- Localizar el incendio en el espacio.
- Ejecutar el plan de extinción y alarma, con o sin intervención humana.
- Realizar funciones auxiliares.

Los componentes principales de una instalación fija de detección y alarma son: los detectores automáticos, los pulsadores manuales, la central de señalización y mando a distancia, y los aparatos auxiliares (alarma general, teléfono de comunicación directa con los bomberos, accionamiento de sistemas de extinción, etc.)

### Detectores Automáticos de Incendios

Desde el momento que se inicia un incendio aparecen múltiples cambios ambientales mediante los cuales pueden detectarse su presencia. Los seres humanos

son excelentes detectores por sus cualidades sensoriales de olfato, vista y tacto. También son capaces de comparar sensaciones sensoriales con conocimientos y experiencias previas. Esto ayuda a diferenciar entre fuegos peligrosos y fuegos inofensivos. Pero puesto que los sentidos humanos no son infalibles, debido a la necesidad de frecuente descanso y relajación, se han desarrollado una serie de dispositivos mecánicos, eléctricos y electrónicos, para la detección de los cambios ambientales generados por fuego.

Los elementos más comunes que pueden ser detectados en un incendio son: el calor, el humo y la radiación luminosa. El tema se complica con el hecho que no todos los incendios generan todos los elementos y de que situaciones sin incendios producen ambientes similares.

Detectores Térmicos: Constituyen los más antiguos detectores automáticos de incendio. Comenzaron a emplearse con el desarrollo de los rociadores automáticos en 1860 y han proliferado hasta el presente en múltiples tipos de dispositivos. Los detectores térmicos responden a la energía calorífica transportada por convección y generalmente se sitúan en o cerca del techo. La respuesta se produce cuando el elemento de detección alcanza una temperatura fija predeterminada, o cuando se llega a una velocidad especificada de cambio de temperatura.

- **Detector termostático**: Consiste en un dispositivo que actúa cuando la temperatura que lo rodea alcanza un nivel determinado, independiente de la rapidez de subida de ésta.
  
- **Detector termovelocimétrico**: Uno de los efectos que el fuego produce en el área que lo rodea es el rápido incremento en la temperatura del aire que ocupa el espacio situado por encima del fuego. El detector de velocidad de aumento de temperatura, funciona cuando el valor de la velocidad de aumento supera un valor prefijado (de 5 a 10 °C por minuto). Se diseñan para compensar los

cambios normales en la temperatura ambiente que se producen en condiciones normales.

- **Detector combinado:** Contienen más de un elemento para responder al fuego. Pueden diseñarse para actuar por medio de cualquier elemento o mediante una combinación parcial o total de ambos elementos. Un ejemplo es un detector térmico que funciona según los principios de temperatura fija y de velocidad de aumento. La ventaja consiste en que el elemento termovelocimétrico actúa con prontitud a fuegos de rápido desarrollo y el termostático responde a otro de lento desarrollo.
- **Detector de efecto termoeléctrico:** Un dispositivo cuyo elemento sensible consta de un termopar o termopila genera un aumento de potencial cuando la temperatura aumenta. Al incrementarse dicho potencial a una velocidad anormal, se inicia una alarma mediante un equipo de control. Los dispositivos de termopila, que funcionan según el principio de generación de tensión, emplean dos series de termopares. Una de ellas se encuentra expuesta a los cambios en la temperatura atmosférica y la otra no.

Detectores de Humo: Un detector de humo actúa con mucho más rapidez que uno térmico en la mayoría de los incendios. Se basan en la absorción de luz por los humos en la cámara de medida (oscurecimiento), o también en la difusión de luz por los humos. Se identifican según su principio de funcionamiento, dos de ellos son la ionización y la fotoelectricidad.

- **Detector de ionización:** Generalmente son del tipo puntual. Contienen una pequeña cantidad de material radioactivo que ioniza el aire en la cámara detectora, convirtiéndolo en conductor y permitiendo que pase una corriente entre dos electrodos cargados. Esto proporciona a la cámara una conductancia eléctrica bastante efectiva. Cuando las partículas de humo penetran en la zona

de ionización, disminuyen la conductancia del aire, adhiriéndose a los iones, causando una reducción en su movilidad. El detector responde cuando la conductancia baja de un nivel prefijado.

- Detector fotoeléctrico: La presencia de partículas de humo en suspensión generadas durante el proceso de combustión afecta a la propagación de un haz luminoso a través del aire. Esto puede emplearse para detectar la presencia de un fuego de dos formas:

1. Principio de oscurecimiento de la intensidad luminosa: los detectores de humo que operan según este principio incorporan una fuente luminosa, un sistema de colimación del haz de luz, y un dispositivo fotosensible. Cuando las partículas de humo penetran en el haz, la luz que alcanza el elemento fotosensible se reduce y se activa la alarma. La fuente es generalmente un diodo emisor de luz (LED). Este constituye una fuente fiable y duradera que funciona con baja intensidad de corriente.
2. Principio de dispersión del haz luminoso: cuando las partículas de humo penetran en el haz, se produce dispersión de la luz. Los detectores que emplean este principio son generalmente puntuales. Contienen una fuente luminosa y un dispositivo fotosensible, dispuestas de tal forma que los rayos luminosos no inciden, normalmente, en el segundo. Cuando las partículas entran en la luz, esta se dispersa sobre el dispositivo fotosensible, provocando la respuesta del detector.

Detectores de Llama: Los detectores de llama reaccionan ante la aparición de energía radiante visible para el ojo humano (aproximadamente 4000 y 7700 angströms), o a la energía radiante que está fuera del campo de la visión humana. Estos detectores son sensibles a las brasas incandescentes y a las llamas que radian energía con suficiente intensidad y naturaleza espectral para motivar la reacción del

detector. Debido a su rápida respuesta detectora, suelen emplearse generalmente en zonas altamente peligrosas.

- Detector de infrarrojos (IR): Consta básicamente de un sistema de filtro y lentes que se emplea para apantallar longitudes de onda indeseables y focalizar la energía incidente en una célula fotovoltaica. Reaccionan a la componente total de infrarrojos de la llama, sola o en combinación, con el parpadeo de la llama en la banda de frecuencias de 5 a 30 Hz.
- Detector de ultravioletas (UV): Emplea generalmente como elemento sensible un dispositivo de estado sólido, carburo de silicio o nitruro de aluminio, o un tubo lleno de gas. Es insensible a la luz solar y artificial.

#### Tablero Central de Control

Es un gabinete o unidad de centralización que contiene dispositivos y controles eléctricos o electrónicos, necesarios para supervisar y recibir señales enviadas desde detectores automáticos y de estaciones manuales o pulsadores, analizándolas para transmitir señales de alarma a los componentes encargados de ejecutar las acciones de extinción previamente programada.

#### Estación Manual o Pulsador

La detección es indirectamente ya que quién lo hace realmente es la persona. La función es de activar manualmente el sistema en caso de que se presente alguna falla o avería del sistema de control automático. Dispositivo fijo de extinción que suena una alarma y libera un agente extintor cuando se tira del asa o es pulsado, en este caso no existe tiempo de pre descarga y la señal hacia la válvula solenoide de la bombona es enviada directamente. También se incluye un dispositivo de aborto, que al pulsarlo

y mantenerlo, se interrumpe el proceso de descarga, cuya función es evitar un disparo innecesario del sistema.

### Alarmas Contra Incendios

Existen dispositivos sonoros como lo son las campanas, bocinas, sirenas, sistemas de altoparlantes; y luces de destellos de alta intensidad como la luz de estrobo, son los componentes que alertan a las personas sobre el peligro que se está presentando, y señalan que se debe seguir un procedimiento de emergencia y extinción.

## **FLUJO DE FLUIDOS EN TUBERÍAS**

### Ecuación de Bernoulli

El principio de Bernoulli, también denominado ecuación de Bernoulli o Trinomio de Bernoulli, describe el comportamiento de un fluido moviéndose a lo largo de una línea de corriente. Fue expuesto por Daniel Bernoulli en su obra Hidrodinámica (1738) y expresa que en un fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento) en régimen de circulación por un conducto cerrado, la energía que posee el fluido permanece constante a lo largo de su recorrido. La energía de un fluido en cualquier momento consta de tres componentes:

- Cinética: Es la energía debida a la velocidad que posea el fluido.
- Potencial gravitacional: Es la energía debido a la altitud que un fluido posea.
- Energía de flujo: Es la energía que un fluido contiene debido a la presión que posee.

La siguiente ecuación conocida como Ecuación de Bernoulli consta de estos mismos términos.

$$\frac{V^2 \rho}{2} + P + \rho g z = \text{constante}$$

Donde:

$V_{el_f}$  = velocidad del fluido en la sección considerada

$g$  = aceleración gravitatoria

$z$  = altura en la dirección de la gravedad desde una cota de referencia

$P$  = presión a lo largo de la línea de corriente

$\rho$  = densidad del fluido

Para aplicar la ecuación se deben realizar los siguientes supuestos. La viscosidad (fricción interna) es cero, es decir, se considera que la línea de corriente sobre la cual se aplica se encuentra en una zona no viscosa del fluido. El caudal sea constante. Que el flujo es incompresible, donde  $\rho$  es constante. Y que la ecuación se aplica a lo largo de una línea de corriente o en un flujo irrotacional.

#### Ecuación de Bernoulli y la Primera Ley de la Termodinámica

De la primera ley de la termodinámica se puede concluir una ecuación estéticamente parecida a la ecuación de Bernoulli anteriormente señalada, pero conceptualmente distinta. La diferencia fundamental yace en los límites de funcionamiento y en la formulación de cada fórmula. La ecuación de Bernoulli es un balance de fuerzas sobre una partícula de fluido que se mueve a través de una línea de corriente, mientras que la primera ley de la termodinámica consiste en un balance de energía entre los límites de un volumen de control dado, por lo cual es más general ya que permite expresar los intercambios energéticos a lo largo de una corriente de fluido, como lo son las pérdidas por fricción que restan energía, y las bombas o ventiladores que suman energía al fluido. La forma general de esta, llamémosla “forma energética de la ecuación de Bernoulli” es:

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + z_1 \frac{g}{g_c} + W = h_f + \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + z_2 \frac{g}{g_c}$$

Donde:

$\gamma$  = el peso específico ( $\gamma = \rho g$ )

$W$  = medida de la energía que se le suministra al fluido

$h_f$  = medida de la energía empleada en vencer las fuerzas de fricción por recorrido del fluido

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$

$g_c = 1 \text{ kg}\cdot\text{m}/\text{N}\cdot\text{s}^2$

Los subíndices 1 y 2 indican si los valores están dados para el comienzo o el final del volumen de control respectivamente.

Suponiendo que la ecuación arriba escrita es un derivado de la primera ley de la termodinámica para flujos de fluido con las siguientes características, de que el fluido de trabajo aquél que fluye y que estamos considerando, tiene una densidad constante, y no existe cambio de energía interna. Entonces el principio de Bernoulli es una consecuencia directa de la primera ley de la termodinámica, o si se quiere, otra forma de esta ley.

En la primera ecuación presentada en el volumen de control se había reducido a tan solo una línea de corriente sobre la cual no habían intercambios de energía con el resto del sistema, de aquí la suposición de que el fluido debería ser ideal, es decir, sin viscosidad ni fricción interna, ya que no existe un término  $h_f$  entre las distintas líneas de corriente, sin embargo en la realidad existe pérdidas por fricción y por accesorios las cuales el fluido tiene que vencer.

Uno de los temas más estudiados en la ingeniería mecánica es el transporte de fluidos en tuberías, este es un fenómeno que se presenta en la mayoría de los procesos industriales y no industriales. Dicho transporte responde a la necesidad en los

procesos de transformar o aprovechar en otro escenario la energía y bondades que brinda el fluido. Será entonces criterio del ingeniero evaluar las condiciones de transporte y múltiples factores influyentes en las características y propiedades que se adicionan al fluido a medida que se traslada por la tubería.

El método más común para transportar fluidos de un lado a otro es el de impulsarlo a través de un sistema de tubería. Las tuberías de sección circular son las frecuentes. Muy pocos problemas especiales de mecánicas de fluidos, como es el caso de flujo en régimen laminar por tuberías, pueden ser resueltos por métodos matemáticos convencionales; todos los demás problemas necesitan métodos de resolución basados en coeficientes determinados experimentalmente. Muchas formulas empíricas han sido propuestas como soluciones a problemas de flujo de fluidos por tuberías, pero son muy limitadas y pueden aplicarse solo cuando las condiciones del problema se aproximan a las condiciones de los experimentos de los cuales se derivan las formulas.

Debido a la gran variedad de fluidos usados en los procesos industriales modernos, una ecuación que pueda ser usada para cualquier fluido ofrece ventajas obvias. Una ecuación de este tipo es la fórmula de Darcy, que puede ser deducida por el análisis dimensional, sin embargo, una de las ventajas de la formula, el coeficiente de fricción, debe ser determinado experimentalmente. Esta ecuación de pérdida de presión se expresa en metros de fluido y es:

$$h_f = \frac{f * L * V^2}{2 * D * g}$$

Pero para llevar estas unidades a unidades de presión se tiene lo siguiente:

$$\Delta P = \frac{\rho * f * L * V^2}{2 * D}$$

Donde:

$\Delta P$  = caída de presión entre un punto y otro

$\rho$  = densidad del fluido

$f$  = factor de fricción

$L$  = longitud de la tubería

$Vel_f$  = velocidad del fluido

$D$  = el diámetro interno de la tubería

$g$  = aceleración de la gravedad

La solución de cualquier problema de flujo de fluidos requiere un conocimiento previo de algunas propiedades físicas del fluido en cuestión, las cuales son variables en la mayoría de las ecuaciones usadas; estas son valores exactos que afectan su flujo, principalmente su viscosidad y su peso específico, han sido establecido por muchas autoridades en la materia para todos los fluidos utilizados normalmente y muchos de estos se encuentran tabulados en gran número de publicaciones especializadas en el tema.

Viscosidad: La viscosidad expresa la facilidad que tiene un fluido para fluir cuando se aplica una fuerza externa. El coeficiente de viscosidad absoluta, o simplemente la viscosidad absoluta de un fluido, es una medida de su resistencia al deslizamiento o a sufrir deformaciones internas. La melaza es un fluido muy viscoso en comparación con el agua. A su vez, los gases son menos viscosos en comparación con el agua. Se puede predecir la viscosidad de la mayoría de los fluidos, en algunos la viscosidad depende del trabajo que se haya realizado sobre ellos.

Densidad: La densidad de una sustancia es su masa por unidad de volumen. La unidad de densidad en el sistema internacional es  $Kg/m^3$  y se designa con  $\rho$  (Rho).

Volumen Específico: Es el inverso de la densidad. Se designa en el sistema internacional con  $v$  ( $m^3/kg$ ).

Peso Específico: Es una medida relativa de la densidad. Como la presión tiene un efecto insignificante sobre la densidad de los líquidos, la temperatura es la única variable que se debe tomar en cuenta al sentar las bases para el peso específico. La densidad relativa de un líquido es la relación de su densidad a cierta temperatura, con respecto al agua a cierta temperatura normalizada.

Número de Reynolds: Es la relación de las fuerzas dinámicas de la masa del fluidos respecto a los esfuerzos de deformación ocasionado por la viscosidad. Las investigaciones de Osborne Reynolds han demostrado que el régimen de flujo en tuberías, es decir, si es laminar o turbulento, depende del diámetro de la tubería, de la densidad, de la viscosidad del fluido y de la velocidad del flujo:

$$Re = \frac{D * V * \rho}{u}$$

Donde:

$u$  = viscosidad dinámica del fluido

Re = número de Reynolds

D = diámetro de la tubería

$\rho$  = densidad del fluido

Vel<sub>f</sub> = velocidad del flujo

Según sea el valor del número de Reynolds se determinara el régimen del flujo, es decir para flujos incompresibles hasta un Re = 2000 se considera flujo laminar, entre 2000 y 4000 es una etapa de transición en donde dependiendo de las condiciones del problema se considerara laminar o turbulento. A partir de 4000 se considera flujo turbulento. Para flujos compresibles estos límites y consideraciones varían, se tiene entonces que hasta un Re= 12000 es flujo laminar, entre 12000 y 14000 es estado de transición y a partir de 14000 turbulento.

La determinación exacta de la pérdida de presión de un fluido compresible que circula por una tubería requiere un conocimiento de la relación entre presiones y volumen específico; esto no es fácil de determinar para cada problema en particular.

### Pérdidas en Flujo Desarrollados en un Tubo

Pérdidas Mayores: La pérdida de carga hidrostática resultado del esfuerzo cortante en la pared en un flujo desarrollado está relacionado con el factor de fricción mediante la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$h_l = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

Por consiguiente sin se conoce el factor de fricción se puede hallar la pérdida de carga hidrostática y luego la caída de presión. El factor de fricción depende de varias cantidades que afectan el flujo, así tenemos:  $f = f(\rho, \mu, V, D, e)$ , donde la altura promedio de de las asperezas de la pared tiene en cuenta la influencia de los elementos ásperos de la pared. Se han obtenidos datos experimentales que relacionan el factor de fricción con el número de Reynolds para flujos totalmente desarrollados en tubos con una amplia variedad de espesores en la pared, los mismos se han podido recopilar en un diagrama conocido como diagrama de Moody.

Pérdidas Menores: Los sistemas de tubos incluyen, codos, válvulas ensanchamientos, contracciones, entradas salidas y otras piezas de conexión que provocan pérdidas adicionales, conocidas como pérdidas menores, una pérdida menor se expresa en función del coeficiente de pérdida  $K$ , valores obtenidos experimentalmente y que son particulares de cada accesorio, están definidas por:

$$h_L = K \frac{V^2}{2g}$$

"K" depende de cada accesorio

## **PROTOCOLO DE MONTREAL**

El Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan el ozono, es un tratado internacional diseñado para proteger la capa de ozono reduciendo la producción y el consumo de numerosas sustancias que se ha estudiado que reaccionan con el ozono y se cree que son responsables por el agotamiento de la capa de ozono. El acuerdo fue negociado en 1987 y entró en vigor el 1 de enero de 1989. Se cree que si todos los países cumplen con los objetivos propuestos dentro del tratado, la capa de ozono podría haberse recuperado para el año 2050. Debido al alto grado de aceptación e implementación que se ha logrado, el tratado ha sido considerado como un ejemplo excepcional de cooperación internacional.

El tratado se enfoca en la eliminación de las emisiones mundiales que agotan el ozono, esto se refiere a la disminución de los niveles de ozono por la destrucción química del mismo. Las sustancias que agotan el ozono (poAO) son aquellas que contienen cloro y bromo (ya que aquellas halogenadas con flúor únicamente no dañan la capa de ozono). Cada grupo de sustancias tiene establecido un cronograma de reducción en su producción y consumo hasta llegar a la eliminación parcial o total.

## **CALENTAMIENTO GLOBAL (GWP)**

El calentamiento global es un término utilizado para referirse al fenómeno del aumento de la temperatura media global, de la atmósfera terrestre y de los océanos. Este incremento se habría acentuado en las últimas décadas del siglo XX y la primera del XXI.

El calentamiento global está asociado a un cambio climático que puede tener causa antropogénica o no. El principal efecto que causa el calentamiento global es el efecto invernadero, fenómeno que se refiere a la absorción por ciertos gases atmosféricos (principalmente CO<sub>2</sub>) de parte de la energía que el suelo emite, como consecuencia de

haber sido calentado por la radiación solar. El efecto invernadero natural que estabiliza el clima de la Tierra no es cuestión que se incluya en el debate sobre el calentamiento global. Sin este efecto invernadero natural las temperaturas caerían aproximadamente en unos 30°C; con tal cambio, los océanos podrían congelarse y la vida, tal como la conocemos, sería imposible. Para que este efecto se produzca, son necesarios estos gases de efecto invernadero, pero en proporciones adecuadas. Lo que preocupa a los climatólogos es que una elevación de esa proporción producirá un aumento de la temperatura debido al calor atrapado en la baja atmósfera.

## **DESCRIPCIÓN DE DISTINTOS MÉTODOS DE ANÁLISIS DE RIESGO**

### Método del Riesgos Intrínseco

Es una metodología muy sencilla y de fácil aplicación. Clasifica los riesgos en tres niveles: Alto, medio y bajo, todo ello en función de la carga de fuego que soporta el local o actividad, medido en mega calorías por metro cuadrado, tenemos que:

- Entre 0 y 200 Mcal/m<sup>2</sup> sería un riesgo bajo.
- Entre 200 y 800 Mcal/m<sup>2</sup>, sería un riesgo medio.
- Entre 800 y 3.200 Mcal/m<sup>2</sup>, sería un riesgo alto.

Asimismo, este método de evaluación de riesgos permite clasificar en los mismo, en función del uso que se dé al local, clasificando su riesgo también en alto, medio y bajo, tomando como factores, tanto el uso como la superficie y altura del local, según la clasificación de los mismos descrita en el Manual de Autoprotección para el desarrollo del Plan de Emergencias contra incendios de evacuación en locales y edificios.

### Método Grétener

Es el método más completo para la valoración del riesgo de incendios. Es una metodología muy utilizada para la evaluación del riesgo de incendios en grandes superficies, locales y edificios. Este método, presentado en el año 1.965 estaba originalmente dirigido a satisfacer las necesidades de las aseguradoras.

Aun con las limitaciones que todavía presenta su aplicación, este método significa un intento válido de acercamiento a la cuantificación idónea de los factores de riesgo de incendio que influyen en la gravedad de los mismos. El método permite evaluar cuantitativamente el riesgo de incendios, así como la seguridad contra incendios utilizando datos uniformes. Hoy en día, es el método de referencia de los evaluadores del riesgo de incendios.

El método está basado en el cálculo del riesgo potencial de incendios efectivo obtenido de las medidas normales de protección del local, de las medidas especiales de protección y de las medidas de protección estructural. El método fija un máximo valor para el riesgo potencial, a partir del cual, el riesgo no es asumible, debiendo realizar medidas correctoras. El riesgo potencial, se desdobra en factores multiplicadores, sido éstos los siguientes:

- Carga térmica obtenida de la carga térmica inmobiliaria y la carga térmica mobiliaria.
- Combustibilidad.
- Número de alturas del edificio.
- Superficie de los sectores de incendio.
- Riesgo del humo producido por el incendio.
- Riesgo de corrosión de los humos.
- Concentración de valores.
- Riesgo de activación (propio del tipo de fabricación).

- Riesgo corrido por los ocupantes del edificio o local.

El método aporta una serie de tablas que permiten el cálculo de los coeficientes para un gran número de supuestos. Este método solo es aplicable cuando se han tomados las medidas de prevención mínimas y que en ningún caso hace incidir factores como: vías de evacuación, peligrosidad para el contorno evaluado (riesgos que deben ser solucionados prioritariamente de forma inexcusable).

#### Método del Índice Dow de Incendios y Explosiones

Este es un método que se utiliza en la industria petroquímica. Se aplica en una serie de etapas, que comienza con la selección de las unidades de proceso pertinentes. El método Dow se basa en el análisis general del proceso de producción, teniendo en cuenta factores tales como:

- Reacciones en cadena de los productos químicos.
- Procesos endotérmicos.
- Manejo y conducción de los productos.
- Unidades encerradas o cubiertas (depósitos)
- Accesos.
- Drenajes y elementos de control de derrames.

Así como los riesgos especiales del proceso de producción, tales como:

- Materiales.
- Presión sub-atmosférica.
- Polvo.
- Temperatura.
- Corrosión.

A cada uno de estos factores se les da una puntuación con una penalización, hasta obtener un valor indicador del índice de riesgo de incendio y explosión.

### Método HAZOP

El método HAZOP (Hazard and Operatibity) sirve para identificar problemas de seguridad en una planta, y también para mejorar la operatividad de la misma. El método se basa en los siguientes aspectos:

- El carácter sistemático del análisis. Se realiza un examen basado en la aplicación sucesiva de una serie de palabras guía, que tienen por objeto proporcionar una estructura de razonamiento, capaz de identificar desviaciones.
- El carácter multidisciplinar del análisis. El método se basa en el principio de que las personas con distinta experiencia y formación pueden interaccionar mejor e identificar más problemas cuando trabajan juntos que cuando lo hacen por separado y combinan después sus resultados.
- Desmenuzar la actividad industrial que genere riesgo en todos sus elementos y aplicar las medidas correctoras pertinentes.

### Método WHAT IF

El análisis “what if” es comparativamente mucho menos estructurado que el método HAZOP. El objetivo de dicho método es el de considera las consecuencias negativas de posibles sucesos inesperados. Utiliza la pregunta ¿Qué pasaría si...?, aplicada a desviaciones en el diseño, construcción, modificación y operaciones de instalación industrial. Las preguntas se realizan sobre áreas concretas, como

seguridad eléctrica, protección contra incendios, instrumentación de un equipo determinado o sobre un almacenamiento.

### Método MESERI

En este método se conjugan de forma sencilla, las características propias de las instalaciones y medios de protección, de cara a obtener una calificación de riesgo ponderada por ambos factores. Ágil y fácil comprensión, el método permite al interlocutor realizar una evaluación rápida durante la inspección y efectuar en forma casi instantánea las recomendaciones oportunas para disminuir la peligrosidad de riesgo de incendio. El método contempla dos bloques diferenciados:

#### 1. Factores propios de la instalación:

- Construcción.
- Situación.
- Procesos.
- Concentración.
- Propagación.
- Destructibilidad.

#### 2. Factores de protección:

- Extintores.
- Bocas de incendios equipadas.
- Columnas hidratantes exteriores.
- Detectores automáticos de incendios.
- Rociadores Automáticos.
- Instalaciones fijas especiales.

Cada uno de estos factores de riesgo se subdivide a su vez teniendo en cuenta los aspectos más importantes a considerar. A cada uno de ellos se le aplica un coeficiente dependiendo de que propicien o no el riesgo de incendio, desde cero en el caso más desfavorable hasta diez en el caso más favorable.

## CAPÍTULO I

### DESCRIPCIÓN DE ÁREAS Y ANÁLISIS DE RIESGO

#### 1.1 Descripción de las Áreas a Proteger

La expresión “distribución del espacio” se refiere a la disposición física de los puestos de trabajo, de sus componentes materiales y a la ubicación de las instalaciones para la atención, servicios al personal y clientes.

Se distribuyó los espacios a proteger en dos grandes áreas, que llamamos edificio Nro.1 y edificio Nro.2. Estas a su vez las subdividimos en diferentes zonas, donde se describen las estructuras, por ejemplo su espacio, tamaño, que cosas hay en ellas, etc.

##### 1.1.1 Edificio Nro.1 (Data Centro)

Es un edificio pequeño conocido como Data Centro (ver Fig. 8 y 9), allí se procesa, almacena y distribuyen las comunicaciones a todo el campus universitario. Está hecho de concreto con un área aproximada de 211,75 m<sup>2</sup>, tiene tres puertas de acceso, presenta diferentes cuartos, los cuales dividimos en cuatro zonas. Las mismas se pueden detallar en la Fig. 14 y son las siguientes:



Fig. 8 Edificio Nro.1 (vista1)



Fig. 9 Edificio Nro.1 (vista2)

- Zona 1: (ver Tablas 1 y Fig. 10 y 14) Cuarto de potencia, tiene un área de 15,8 m<sup>2</sup>, hay ups, baterías de respaldo, cajetines de control eléctrico.
- Zona 2: (ver Tablas 1 y Fig. 11 y 14) Sala de procesamiento de datos, tiene un área de 52 m<sup>2</sup>, aquí hay algo muy importante que son los diferentes servidores, también un aire acondicionado de precisión, vigas y cableados, cámaras de seguridad, un detector de incendio, una impresora.
- Zona 3: (ver Tablas 1 y Fig. 12 y 14) Sala de comunicaciones, presenta un área de 35,5 m<sup>2</sup>, aquí se encuentra la central telefónica de la UCV, una computadora, teléfono, cableado, una bombona de agente FM-200 (descargada y no conectada).
- Zona 4: (ver Tablas 1 y Fig. 13 y 14) Sala de informática, con un área de 27,4 m<sup>2</sup>, se tiene un servidor, varias computadoras, un gabinete grande tipo archivador, cielo raso, cableado, mesas, 4 sensores contra incendios, una boquilla, cajetines eléctricos.



**Fig. 10 Sala 1**



**Fig. 11 Sala 2**



Fig. 12 Sala 3



Fig. 13 Sala 4

Tabla 1 Leyenda Edificio Nro.1

ZONAS	COLOR
1	
2	
3	
4	

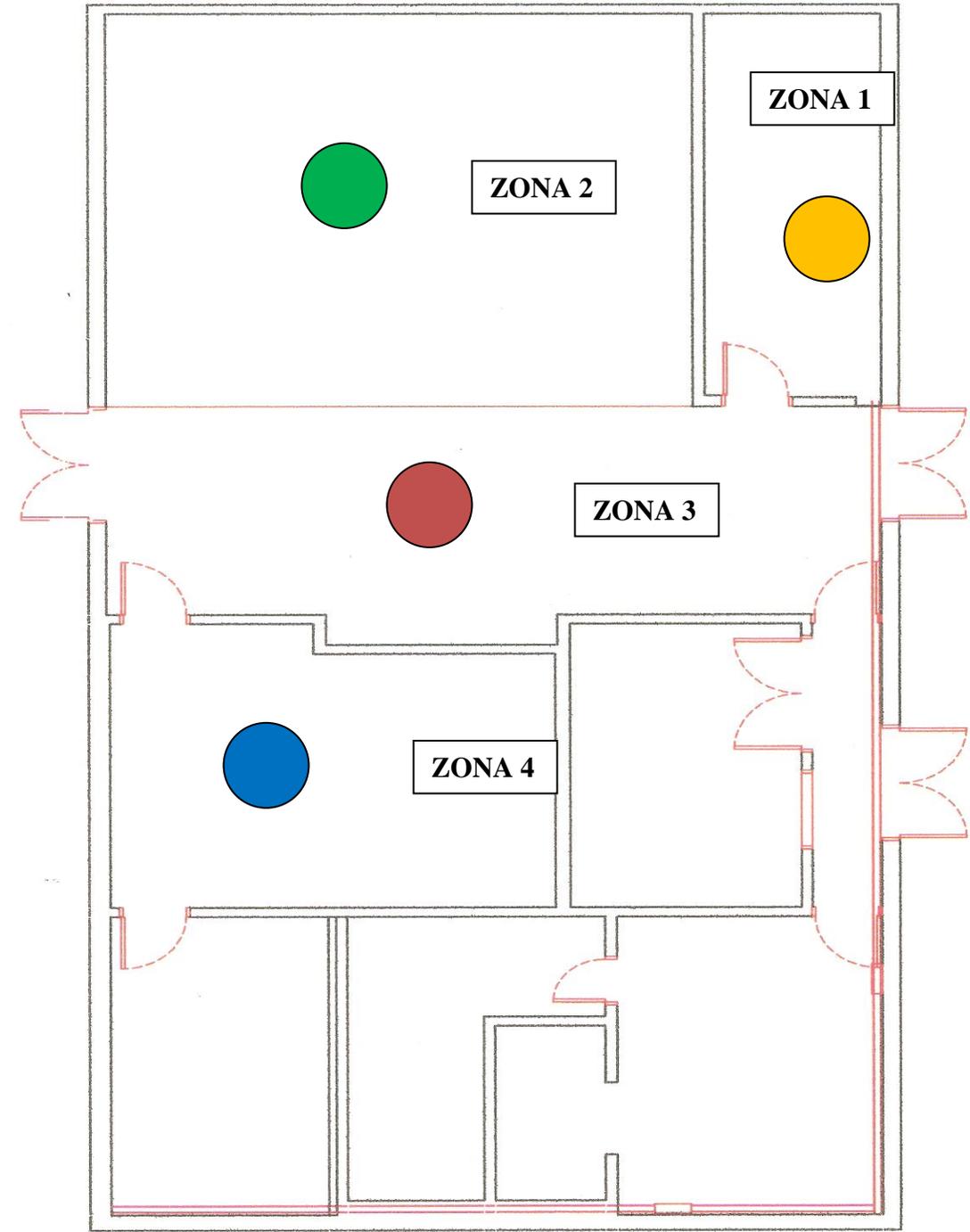


Fig. 14 Plano de la Distribución de Zonas Edificio Nro.1

### 1.1.2 Edificio Nro.2 (DTIC)

Comprende la plata baja del edificio del Rectorado de la UCV (ver Fig. 15), es el Departamento de Tecnología, Información y Comunicación (DTIC). Aquí se maneja toda la información de las diferentes facultades, escuelas, oficinas, etc., en lo que a nómina de personal obrero, docente, técnico y profesional se refiere, de la universidad. Tiene un área de 362,97 m<sup>2</sup> aproximadamente, tiene tres puertas de acceso, una principal, una de salida de emergencia, y la otra para el depósito. En esta área hay varias oficinas y salones, las que dividimos en cinco zonas, que se pueden apreciar en la Fig. 16, estas son las siguientes:



**Fig. 15 Edificio Nro.2 (vista interior)**

- Zona 1: (ver Tablas 2 y Fig. 16) Servidores, son dos cubículos y un anexo, hay varios servidores, equipos de computación, cableados, cajas, tablero eléctrico, un área de impresoras, tiene 3 detectores de incendio, una cámara de seguridad, y luz de emergencia.
- Zona 2: (ver Tablas 2 y Fig. 16) Sala de reuniones, es un cuarto aislado donde hay mobiliario de oficina, una mesa larga, sillas, un televisor, cajas, dos lámparas de emergencia, cámara de seguridad, también está la parte anexa de los servidores, y la puerta de salida de emergencia.

- Zona 3: (ver Tablas 2 y Fig. 16) Oficinas, se conforma de ocho oficinas cerradas y un cuarto donde hay un archivador, estas tienen computadoras, mobiliario de oficina, un televisor, teléfonos, papelería, en todas hay detectores contra incendio y lámparas de emergencias.
- Zona 4: (ver Tablas 2 y Fig. 16) Depósito, son tres depósitos donde guardan cajas, equipos de oficinas, papelería, repuestos, herramientas, gabinetes, muebles, etc., también incluimos en esta zona un área que tiene una nevera, una pequeña cocina, microondas, y dos baños.
- Zona 5: (ver Tablas 2 y Fig. 16) Básicamente comprende la parte central de la edificación, tiene varios cubículos abiertos de trabajo y la recepción, aquí se encuentran mobiliario de oficina, computadores, teléfonos, un televisor, hay 12 detectores contra incendio, 4 lámparas de emergencias, 2 pulsadores de alarma, un cajetín con manguera, 4 extintores y 4 cámaras de seguridad.

**Tabla 2 Leyenda Edificio Nro.2**

ZONAS	COLOR
1	
2	
3	
4	
5	

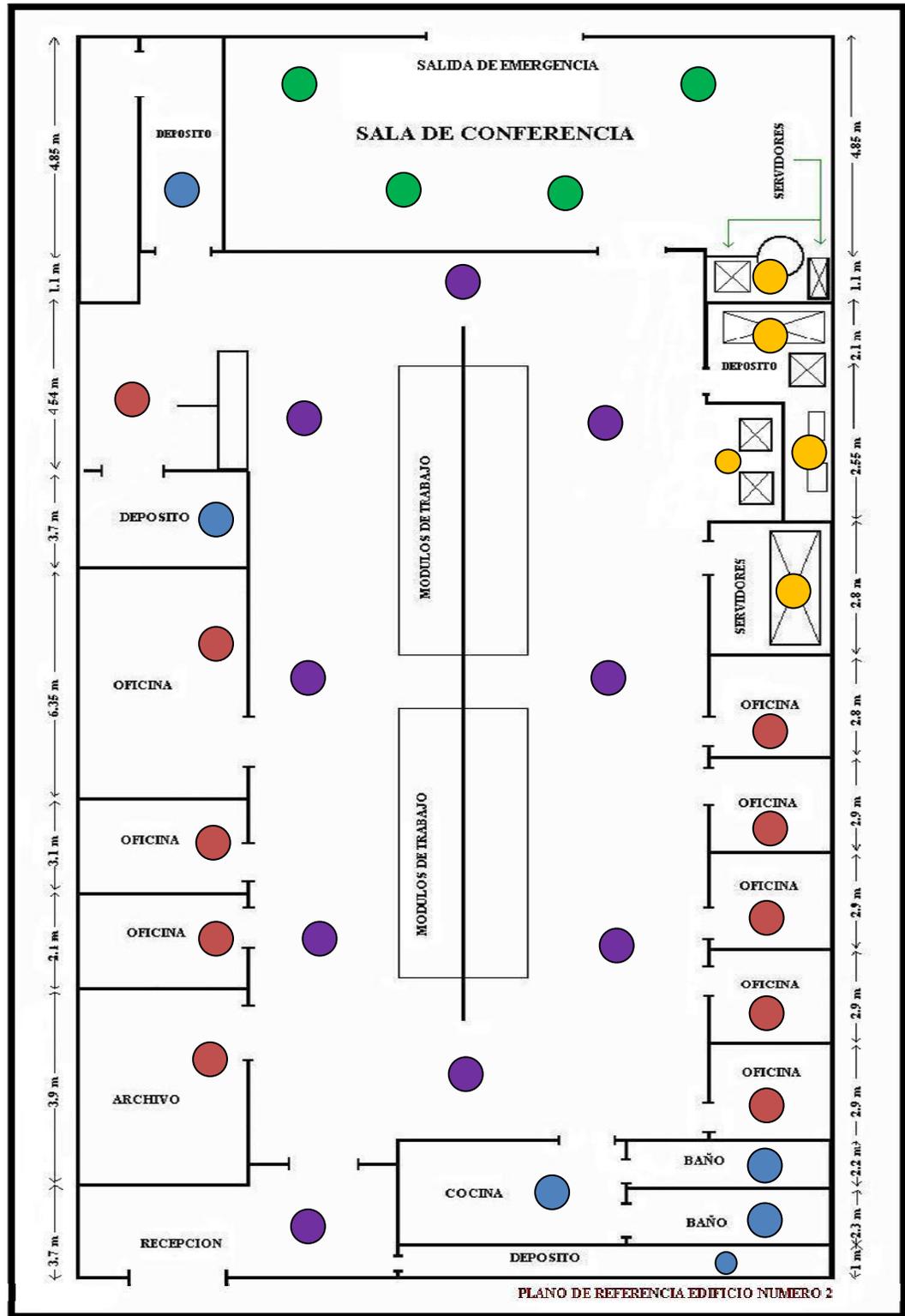


Fig. 16 Plano de la Distribución de Zonas Edificio Nro.2

## **1.2 Análisis del Riesgo de Incendios**

Con frecuencia, las inspecciones llevadas a cabo por los gerentes de riesgos exigen de bastante tiempo y de un análisis extenso de datos que posibilitan una adecuada evaluación de los riesgos. En ese sentido, disponer de un método simplificado de evaluación de riesgos puede ser francamente útil a este propósito. La experiencia en este campo ha posibilitado la redacción y puesta en práctica de un método simplificado de evaluación de riesgos de incendio en instalaciones, que facilita la evaluación sin perder la finalidad que se persigue al determinar la cualificación objetiva del riesgo analizado.

El estudio de un riesgo en cuanto al peligro de incendio ofrece para el técnico algunas dificultades que en muchos casos disminuyen la eficacia de su actuación. Hay que considerar en primer lugar que la opinión sobre la bondad o no del riesgo es subjetiva, dependiendo naturalmente, de la experiencia del que tiene que darla. En un segundo paso, a la hora de tomar decisiones para mejorar las deficiencias que se han observado, el responsable se encuentra con un amplio abanico de posibilidades, entre las cuales tiene que elegir atendiendo a la efectividad de los resultados en cuanto a protección y al coste de las instalaciones.

En resumen, existen suficientes argumentos para utilizar un método de evaluación del riesgo de incendio, que partiendo de la información suficiente, consiga una calificación del riesgo. Los métodos utilizados, en general, presentan algunas complicaciones y en algunos casos son de aplicación lenta.

Se ha pretendido facilitar la evaluación en un sistema reducido, de fácil aplicación y ágil, que permita en algunos minutos calificar el riesgo. Es obvio que un método simplificado debe aglutinar mucha información en poco espacio, habiendo sido preciso seleccionar únicamente los aspectos más importantes y no considerar otros de menor relevancia.

El sistema que usamos para determinar los riesgos de incendios para las dos áreas a proteger, es una serie de pasos simplificados de evaluación de riesgos, que se llama método Meseri. Este contempla dos bloques diferenciados de factores, los cuales, se le dan puntuaciones con los que determinamos un valor exacto, y así calificar el tipo de riesgo que presenta la zona en estudio. Todos los datos y valores obtenidos al aplicar el método Meseri se anotaron en unas hojas de trabajo, que se pueden ver al final del capítulo. Los bloques son los siguientes:

### 1.2.1 Factores Propios de las Instalaciones

#### 1.2.1.1 Construcción

##### Altura del edificio

Se entiende por altura de un edificio la diferencia de cotas entre el piso de la planta baja o último sótano y el forjado o cerchas que soportan la cubierta.

Número de pisos	Altura	Coefficientes
1 o 2	Menor que 6 metros	3
3, 4 o 5	Entre 6 y 12 metros	2
6, 7, 8 o 9	Entre 15 y 20 metros	1
10 o mas	Más de 30 metros	0

Entre el coeficiente correspondiente al número de pisos y el de la altura del edificio se tomará el menor. Si el edificio tiene distintas alturas y la parte más alta ocupa más del 25% de la superficie en planta de todo el conjunto se tomará el coeficiente a esta altura. Si es inferior al 25% se tomará el del resto del edificio.

### Mayor sector de incendio

Se entiende por sector de incendio la zona del edificio limitada por elementos resistentes al fuego (120 min). En caso de que sea un edificio aislado se tomará su superficie total, aunque los cerramientos tengan resistencia inferior.

Superficie de mayor sector de incendio	Coficiente
de 0 a 500 m <sup>2</sup>	5
de 501 a 1500 m <sup>2</sup>	4
de 1501 a 2500 m <sup>2</sup>	3
de 2501 a 3500 m <sup>2</sup>	2
de 3501 a 4500 m <sup>2</sup>	1
más de 4500 m <sup>2</sup>	0

### Resistencia al fuego

Se refiere a la estructura del edificio. Se entiende como resistente al fuego, una estructura de hormigón. Una estructura metálica será considerada como no combustible y, finalmente, combustible si es distinta de las dos anteriores. Si la estructura es mixta se tomará un coeficiente intermedio entre los dos dados.

Resistencia al Fuego	Coficiente
Resistente al fuego	10
No combustible	5
Combustible	0

## Falsos techos

Se entiende como tal a los recubrimientos de la parte superior de la estructura, colocados como aislante térmico, acústico o decoración. Los clasificados como M.O y M.1 son incombustibles, los otros se consideran combustibles (ver ANEXO [2]).

Falsos Techos	Coefficiente
Sin falsos techos	5
Con falsos techos incombustibles	3
Con falsos techos combustibles	0

## 1.2.1.2 Factores de situación

## Distancia de los bomberos

Se tomará, el coeficiente correspondiente al tiempo de respuesta de los bomberos, utilizándose la distancia al parque únicamente a título orientativo.

Distancia de los Bomberos		Coeficiente
Distancia	Tiempo	
Menor de 5 Km	5 minutos	10
Entre 5 y 10 Km	5 y 10 minutos	8
Entre 10 y 15 Km	10 y 15 minutos	6
Entre 15 y 25 Km	15 y 25 minutos	2
Más de 25 Km	25 minutos	0

### Accesibilidad del edificio

Se clasifican de acuerdo con la anchura de la vía de acceso, siempre que cumpla una de las otras dos condiciones de la misma fila o superior. Si no, se rebajará al inmediato inferior.

Accesibilidad Edificios	Anchura Vía de Acceso	Fachadas	Distancias entre Puertas	Coefficiente
Buena	Mayor a 4 m	3	Menor a 25 m	5
Media	Entre 2-4 m	2	Menor a 25 m	3
Mala	Menor a 2 m	1	Mayor a 25 m	1
Muy Mala	No existe	0	Mayor a 25 m	0

#### 1.2.1.3 Procesos

Deben recogerse las características propias de los procesos de fabricación que se realizan y los productos utilizados.

#### Peligro de activación

Intenta determinar las posibilidades del inicio de un incendio. Hay que considerar fundamentalmente el factor humano, que con imprudencia puede activar la combustión de algunos productos. Otros factores son los relativos a las fuentes de energía de riesgo:

- Instalación eléctrica: centros de transformación, redes de distribución de energía, mantenimiento, protecciones y dimensionado correcto.
- Calderas de vapor y de agua caliente: distribución de combustible y estado de mantenimiento de los quemadores.
- Puntos específicos peligrosos: operaciones a llama abierta, como soldaduras.

Peligro de activación	Coficiente
Alto	10
Medio	5
Bajo	0

#### Inflamabilidad de los combustibles

Este factor valora la peligrosidad de los combustibles presentes en la actividad respecto a su posible ignición (ver ANEXO [3]). Las constantes físicas que determinan la mayor o menor facilidad para que un combustible arda son, dado un foco de ignición determinado, los límites de inflamabilidad, el punto de inflamación y la temperatura de auto ignición.

Inflamabilidad	Coficiente
Baja	5
Media	3
Alta	0

### Carga Térmica

En este apartado se evalúa la cantidad de calor por superficie que produciría la combustión total de materiales existentes en la zona analizada. En un edificio hay que considerar tanto los elementos mobiliarios como inmobiliarios, estructuras, acabados, etc. Así, tenemos:

Carga Térmica en MJ/m <sup>2</sup>	Coefficiente
Baja (inferior a 1000)	10
Moderada (entre 1000 y 2000)	5
Alta (entre 2000 y 5000)	2
Muy alta (superior a 5000)	0

### Orden y limpieza

El criterio para la aplicación de este coeficiente debe ser crecientemente subjetivo. Se entenderá alto cuando existan y se respeten las zonas delimitadas para almacenamiento, los productos estén apilados correctamente en lugar adecuado, no exista suciedad ni desperdicios.

Orden y Limpieza	Coefficiente
Bajo	0
Media	5
Alta	10

### Almacenamiento en altura

Se ha hecho una simplificación en el factor de almacenamiento, considerándose únicamente la altura, por entenderse que una mala distribución en superficie puede asumirse como falta de orden en el apartado anterior.

Factor de Almacenamiento	Coefficiente
Altura menor a 2 m	3
Altura entre 2 y 4 m	2
Altura mayor a 6 m	0

#### 1.2.1.4 Factor de concentración

Representa el valor en \$/m<sup>2</sup> del contenido de las instalaciones a evaluar. Es necesario tenerlo en cuenta ya que las protecciones deben ser superiores en caso de concentraciones altas de capital.

Factor de Concentración	Coefficiente
Menor de 370 \$/m <sup>2</sup>	3
Entre 370 y 1.480 \$/m <sup>2</sup>	2
Más de 1.480 \$/m <sup>2</sup>	0

### 1.2.2.5 Propagabilidad

Se entenderá como tal la facilidad para propagarse del fuego, dentro del sector de incendio. Es necesario tener en cuenta la disposición de los productos y existencias, la forma de almacenamiento y los espacios libres de productos combustibles.

#### En vertical

Se reflejará la posible transmisión del fuego entre pisos atendiendo a una adecuada separación y distribución.

Propagabilidad Vertical	Coficiente
Baja	5
Media	3
Alta	0

#### En horizontal

Se medirá la propagación del fuego en horizontal, atendiendo también a la calidad y distribución de los materiales.

Propagabilidad Vertical	Coficiente
Baja	5
Media	3
Alta	0

### 1.2.1.6 Destructibilidad

Se estudiará la influencia de los efectos producidos en un incendio, sobre las mercancías y maquinaria existentes. Si el efecto es francamente negativo se aplica el coeficiente mínimo. Si no afecta al contenido se aplicará el máximo.

#### Calor

Se reflejará la influencia del aumento de temperatura en la maquinaria y existencias. Este coeficiente difícilmente será 10, ya que el calor afecta generalmente al contenido de las instalaciones.

Destructibilidad por Calor	Coeficiente
Bajo	10
Media	5
Alta	0

#### Humo

Se estudiarán los daños por humo a la maquinaria y existencias.

Destructibilidad por Humo	Coeficiente
Bajo	10
Media	5
Alta	0

### Corrosión

Se tiene en cuenta la destrucción de edificio, maquinaria y existencias a consecuencia de gases oxidantes desprendidos en la combustión.

Destructibilidad por Corrosión	Coficiente
Bajo	10
Media	5
Alta	0

### Agua

Es importante considerar la destructibilidad por agua ya que será el elemento fundamental para conseguir la extinción del incendio.

Destructibilidad por Agua	Coficiente
Bajo	10
Media	5
Alta	0

#### 1.2.2 Factores de Protección

La existencia de medios de protección adecuados se consideran en este método de evaluación, fundamentales para la clasificación del riesgo. Tanto es así que, con una protección total, la calificación nunca sería inferior a 5.

Naturalmente, un método simplificado en el que se pretende gran agilidad, debe reducir la amplia gama de medidas de protección de incendios al mínimo imprescindible, por lo que únicamente se consideran las más usuales. Los coeficientes a aplicar se han calculado de acuerdo con las medidas de protección existentes en las instalaciones y atendiendo a la existencia o no de vigilancia permanente. Se entiende como vigilancia la operativa permanente de una persona durante los siete días de la semana a lo largo de todo el año. Este vigilante debe estar convenientemente adiestrado en el manejo del material de extinción y disponer de un plan de alarma. Se ha considerado también, la existencia o no de medios tan importantes como la protección parcial de puntos peligrosos, con instalaciones fijas (IFE), sistema fijo de CO<sub>2</sub> u otros gases limpios y polvo, y la disponibilidad de brigadas contra incendios (BCI).

Elementos y Sistemas de Protección contra Incendios	Sin Vigilancia (SV)	Con Vigilancia (CV)
Extintores Portátiles (EXT)	1	2
Bocas de Incendios Equipadas (BIE)	2	4
Columnas Hidrantes Exteriores (CHE)	2	4
Detección Automática (DET)	0	4
Rociadores Automáticos (ROC)	5	8
Extinción por agentes Gaseosos (IFE)	2	4

Cualquiera de los medios de protección que se nombran a continuación deberá cumplir las condiciones adecuadas que se expresan, para cada uno de ellos, en la reglamentación en vigor (RIPCI). Los coeficientes de evaluación a aplicar en cada caso serán los siguientes:

#### 1.2.2.1 Extintores portátiles (EXT)

El coeficiente a aplicar será 1 sin servicio de vigilancia y 2 con vigilancia.

#### 1.2.2.2 Bocas de incendio equipadas (BIE)

Para riesgos industriales deben ser de 45 mm de diámetro, no sirviendo las de 25 mm. El coeficiente a aplicar será 2 sin servicio de vigilancia y 4 con vigilancia.

#### 1.2.2.3 Columnas hidrantes exteriores (CHE)

El coeficiente de aplicación será 2 sin servicio de vigilancia y 4 con vigilancia.

#### 1.2.2.4 Detección automática de incendios (DET)

El coeficiente a aplicar será 0 sin servicio de vigilancia y 4 con vigilancia. En este caso se considerara también vigilancia a los sistemas de transmisión directa de alarma a bomberos o policía, aunque no exista ningún vigilante en las instalaciones.

#### 1.2.2.5 Rociadores automáticos (ROC)

El coeficiente a aplicar será 5 sin servicio de vigilancia y 8 con vigilancia.

#### 1.2.2.6 Instalaciones fijas de extinción por agentes gaseosos (IFE)

Se consideraran aquellas instalaciones fijas distintas de las anteriores que protejan las partes más peligrosas del proceso de fabricación o la totalidad de las instalaciones, fundamentalmente son:

- Sistema fijo de espuma de alta expansión
- Sistema fijo de CO<sub>2</sub>
- Sistema fijo de agentes limpios.

El coeficiente a aplicar será 2 sin servicio de vigilancia y 4 con vigilancia.

### **1.3 Metodología del Cálculo de Riesgos**

Una vez cumplimentado el correspondiente cuestionario de Evaluación del Riesgo de Incendio se efectuara el cálculo numérico, siguiendo las siguientes pautas:

Subtotal X. Suma de todos los coeficientes correspondientes a los 18 primeros factores en los que aún no se han considerado los medios de protección. Es el valor global de la puntuación de los factores generadores o agravantes.

Subtotal Y. Suma de los coeficientes correspondientes a los medios de protección existentes. Es el valor global de los factores reductores y protectores.

El coeficiente P de protección frente al incendio, es el valor resultante del riesgo, se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$P = \frac{5x}{129} + \frac{5y}{26} + 1 \text{ (BCI)}$$

En caso de existir Brigada Contra Incendio (BCI), se le suma un punto al resultado obtenido anteriormente.

El riesgo se considera Bueno o Aceptable, cuando  $P \geq 5$ .

El cuadro para el resultado final en la calificación de riesgo, es el siguiente:

VALOR DE RIESGO "P"	CALIFICACION DEL RIESGO
Inferior a 3	Muy Malo
De 3 a 5	Malo
De 5 a 8	Bueno
Superior a 8	Muy Bueno



EVALUACION DEL RIESGO DE INCENDIO EDIFICIO 2 "DTIC"						
Empresa:			Situación:			
concepto		coeficiente	puntos	concepto	Coeficiente puntos	
<b>CONSTRUCCION</b>						
Nro. de pisos	Altura			Almacenamiento en Altura		
1 o 2	menor a 6 m	3	3	menor de 2 m	3	
3,4, o 5	entre 6 y 15 m	2		entre 2 y 4 m	2	
6,7,8 o 9	entre 15 y 27 m	1		más de 6 m	0	
10 o mas	más de 30 m	0		<b>FACTOR DE CONCENTRACION</b>		
Área de mayor sector de incendio					Factor de concentración	
	de 0 a 500 m <sup>2</sup>	5	5	menor de 370 \$/m <sup>2</sup>	3	
	de 501 a 1500 m <sup>2</sup>	4		entre 370 y 1.480 \$/m <sup>2</sup>	2	
	de 1501 a 2500 m <sup>2</sup>	3		más de 1.480 \$/m <sup>2</sup>	0	
	de 2501 a 3500 m <sup>2</sup>	2		<b>PROPAGABILIDAD</b>		
	de 3501 a 4500 m <sup>2</sup>	1		Vertical		
	más de 4500 m <sup>2</sup>	0	Baja	5	3	
Resistencia al fuego			Media	3		
Resistencia al fuego (hormigón)			Alta	0		
No combustible			5	Horizontal		
Combustible			0	Baja	0	
Falsos Techos				Media		
Sin falsos techos			5	Alta		
con falsos techos incombustibles			3	<b>DESTRUCTIBILIDAD</b>		
con falsos techos combustibles			0	Por Calor		
<b>FACTORES DE SITUACION</b>						
Distancia de los Bomberos				Baja	0	
menor de 5 Km 5 minutos			10	Media		
entre 5 y 10 Km 5 y 10 minutos			8	Alta		
entre 10 y 15 Km 10 y 15 minutos			6	Por Humo		
entre 15 y 25 Km 15 y 25 minutos			2	Baja	5	
más de 25 Km 25 minutos			0	Media		
				Alta		
Accesibilidad del edificio				Por Corrosión		
Buena			5	Baja	5	
Media			3	Media		
Mala			1	Alta		
Muy Mala			0	Por Agua		
<b>PROCESOS</b>						
Peligro de Activación				Baja	10	
Bajo			10	Media		
Medio			5	Alta		
Malo			0	<b>SUBTOTAL (X).....</b>		
Carga Térmica				<b>77</b>		
Baja (Q< 100 Mcal/m <sup>2</sup> )			10	Concepto		
Media (100<Q<200 Mcal/m <sup>2</sup> )			5	Extintores	SV CV	
Alta (Q>200 Mcal/m <sup>2</sup> )			0	Extintores	Portátiles	
Combustibilidad				(EXT)	1 2	
Baja (M.0 y M.1)			5	Bocas de Incendios		
Media (M.2 y M.3)			3	Equipada (BIE)	2 4	
Alta (M.4 y M.5)			0	Columnas Hidrantes	4	
Orden y Limpieza				Exteriores (CHE)	2 4	
Bajo			0	Detección Automática	4	
Medio			5	(DET)	0 4	
Alto			10	Rociadores Automáticos	5 8	
				(ROC)	-	
				Extinción por Agentes Gaseosos (IFE)	2 4	
					-	
<b>SUBTOTAL (Y).....</b>						
<b>14</b>						
<b>CONCLUSION</b>						
$P = \frac{5x}{129} + \frac{5y}{26} + 1 BCI$						
<b>OBSERVACIONES:</b>						
$P = \frac{5(77)}{129} + \frac{5(14)}{26} + 1BCI$						
<b>"Riesgo Aceptable o bueno"</b> <b>P= 6.67</b>						

## CAPÍTULO II

### SELECCIÓN DEL AGENTE EXTINTOR

Para conocer que agente extintor utilizar, lo primero que debemos determinar es que tipo de sistema de protección contra incendio se va a emplear. Entonces realizamos un riguroso estudio e inspección de las zonas a proteger, donde se tomo en cuenta tanto el espacio físico, así como el material y bienes que se encuentran en ellas. Eso nos llevo a la conclusión de que ambas estructuras deben ser protegidas de la siguiente manera:

Edificio Nro.1 (Data Centro): Con un sistema fijo de supresión automático, ya que es un área poco transitada, y requiere protección permanentemente.

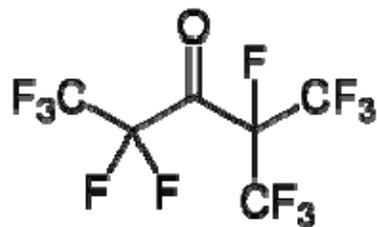
Edificio Nro.2 (DTIC): Un sistema móvil de extinción, ya que existe la constante presencia de empleados quienes pudieran atacar el incendio, además el área crítica a proteger, es decir la zona de servidores, es muy pequeña y el valor de los muebles que allí se encuentran, no ameritan un sistema de protección de incendio tan costoso.

La selección del agente extintor tiene muchas implicaciones, uno de los principales factores que nos limita para la escogencia, es cuales agentes se comercializan en el país, así tenemos que los más comunes en el mercado venezolano y que están hoy en día en la vanguardia de protección ambiental son los siguientes:

- Agente NOVEC 1230 (Sistema SAPHIRE)
- Agente FM-200
- Agente INERGEN
- Agente CLEANGUARD FE-36 (Extintores Portátiles)

Cada uno de estos agentes tienen propiedades, costos, rango de acción y sistemas particulares, los cuales debemos analizar y comparar de modo de ver cuál es el más adecuado a nuestros requerimientos, así tenemos:

### 2.1 Agente NOVEC 1230



Características:

- Listado por la UL / ULC como componente del sistema de supresión SAPPHIRE.
- Inundación total y eficaz en fuegos clase A, B, y C.
- Alternativa sostenible a largo plazo frente a halones, HFC y PFC.
- Agente limpio adecuado para la protección de activos de gran valor.

Descripción: El NOVEC 1230 es elaborado por la empresa 3M, denominado FK-5-1-12 en las normas NFPA 2001 e ISO 14250, es una cetona fluorada (fluorocetona) de estructura química  $CF_3CF_2C(O)CF(CF_3)_2$ . Se trata de un líquido incoloro e inoloro súper presurizado con nitrógeno y almacenado en recipientes de alta presión como parte de un sistema de supresión SAPPHIRE.

Aplicaciones: Aunque se almacena en forma líquida, el NOVEC 1230 se transforma en un gas durante la descarga, lo que convierte en un agente eficaz de inundación total para diversos riesgos. Se trata de un agente limpio que no deja

residuos y no afecta a los equipos electrónicos sensibles de gran valor. Las aplicaciones típicas incluyen:

- Salas de computación y de telecomunicaciones.
- Salas de control de ordenadores y equipos electrónicos.
- Riesgos a bordo de buques.
- Aplicaciones militares críticas.

Impacto medioambiental: El líquido NOVEC 1230 posee un potencial nulo de agotamiento de la capa de ozono, una duración en la atmósfera de solo 5 días y un potencial de calentamiento global de 1. El líquido NOVEC 1230 está registrado en la agencia de protección medio ambiental de EEUU, de acuerdo con la TSCA (Ley de control de sustancias tóxicas) y ELINCS (Lista europeas de sustancias tóxicas notificadas). Cumple los requisitos para su registro de acuerdo con la política SNAP (Programa de nuevas alternativas significativas), y está aprobado para su uso como alternativa al halón 1301 en aplicaciones de inundación total en espacios ocupados.

Funcionamiento: El líquido NOVEC 1230 suprime incendios gracias a su efecto de enfriamiento. Ha sido probado y listado a una concentración de diseño del 4.2% (riesgos clase A, B y C) en un sistema por inundación total SAPPHIRE. Con un NOAEL (Nivel sin efecto adverso observable) medido del 10%, también resulta totalmente inocuo en lugares concurridos.

Homologaciones: El líquido de protección contra incendios NOVEC 1230 cumple la norma NFPA 2001 (Norma de Agentes de Extinción de Incendios Mediante Agentes Limpios). Los recipientes o bombonas cumplen con las especificaciones aplicables del Departamento de Transporte (DOT) de EEUU.

Propiedades físicas:

**Tabla 3 Propiedades Físicas del Agente NOVEC 1230**

Formula química	$\text{CF}_3\text{CF}_2\text{C}(\text{O})\text{CF}(\text{CF}_3)_2$
Peso molecular	316.04
Punto de ebullición a una atmosfera	49.2°C (120.6°F)
Punto de congelación	-108°C (-162.4°F)
Densidad, liquido saturado	1.60 g/ml (99.99 lbm/ft <sup>3</sup> )
Densidad, gas a 1 atm	0.0136 g/ml (0.851 lbm/ft <sup>3</sup> )
Volumen especifico, 1 atm	0.0733 m <sup>3</sup> /kg (1.175 ft <sup>3</sup> /lb)
Viscosidad del liquido a 0°C / 25°C	0.56/0.39 centistoke
Calor de la evaporación en PE	88.1 kJ/kg (37.9 BTU/lb)
Solubilidad del H <sub>2</sub> O en líquido NOVEC 1230	<0.001% en peso
Presión de vapor a 25°C	0.40 bar (5.85 psig)
Resistencia dieléctrica en relación al N <sub>2</sub> a 25°C	2.3

### 2.1.2 Sistema de Supresión de Incendio Mediante Agente Limpio SAPPHIRE

Características:

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

Aplicación: El sistema de supresión de incendios con agente limpio SAPPHIRE es fabricado y comercializado por la empresa ANSUL, utiliza el líquido de protección

contra incendios 3M NOVEC 1230 como agente extintor. El líquido NOVEC 1230 puede ser aplicado de manera eficaz en aplicaciones de supresión de incendios de inundación total en las siguientes aéreas:

- Centro de procesamientos de datos.
- Almacenamientos por cartuchos de cintas.
- Bóvedas.
- Zonas de equipos electrónicos normalmente ocupadas y no ocupadas en las que dichos equipos sean muy sensibles o irremplazables.
- Salas de telecomunicaciones, incluidos los centros de tecnología móvil y los de computación.
- Sistemas militares, incluidos los vehículos de combate y la sala de máquinas de buques.
- Transporte, incluidos los buques de marina mercante y los vehículos de transporte colectivo de pasajeros.
- Aplicaciones recreativas, como embarcaciones de placer y coches de carreras.

Descripción: El SAPPHIRE es un sistema automático de supresión de incendios de boquilla fija, que utiliza el líquido de protección contra incendios NOVEC 1230 para fuegos clase A, B y C. Este está diseñado y se instala de acuerdo con la norma NFPA 2001 “Sistemas de Extinción de Incendios Mediante Agentes Limpios”.

El sistema puede llevar a cabo una detección y una activación automática y/o una activación manual a distancia. La función de la detección automática es proporcionada por una central de control AUTOPULSE.

La exposición al líquido NOVEC 1230 a concentraciones de hasta el 10% (NOAEL) no es peligrosa para la salud. Al igual que sucede con los halones la EPA y la NFPA recomiendan evitar cualquier exposición innecesaria a cualquier agente y

evacuar al personal de las áreas protegidas lo más rápido posible para así evitar los productos de la descomposición del fuego.

Uso Básico: El sistema de supresión de incendios SAPPHIRE resulta particularmente útil para suprimir incendios de riesgos en los que resulta fundamental o deseable utilizar un medio no conductor de la electricidad, en los que la limpieza de otros agentes representa un problema, o en los que el riesgo esta normalmente ocupado y se requiere por tanto un agente no toxico.

Composición y material: El sistema básico consiste en el agente extintor almacenado en recipientes de acero. Hay disponible 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 seria de tuberías y boquillas. Cada boquilla posee un número calculado de orificios fijos los cuales proveen una descarga uniforme. En riesgos de gran superficie, en donde se requieren dos o más botellas, puede utilizarse un diseño de disparo que permita activar todas.

Equipamiento opcional: Incluye además de centrales de detección y control AUTOPULSE, disposición de disparo y alarmas, luces estroboscópicas y señales de advertencias.

Conjunto de botella: Las botellas o bombonas de almacenamiento de agente se fabrican de acuerdo con la norma DOT4BW450 y consiste en un recipiente dotado de una válvula y un tubo de sifón interno. Las botellas están disponibles en 8 tamaños. Las cantidades de agente están disponibles en incrementos de llenado de 1 libra. Cada botella posee una placa característica adherida que muestra el peso del agente y el peso bruto.

Actuador eléctrico: El actuador eléctrico de 24 voltios CC es necesario para disparar eléctricamente la válvula de botella. Se recibe una señal eléctrica desde la

central AUTOPULSE que acciona el solenoide del actuador. Esto hace que el actuador abra la válvula de botella y descargue el agente. En sistemas de múltiples recipientes solo se necesita un actuador en la válvula de botella principal. Los recipientes restantes son disparados neumáticamente a través de un manguito de acero inoxidable de  $\frac{1}{4}$  de pulgada instalado entre cada toma de la presión de control.

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

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

**Dispositivo de disparo AUTOMAN II-C:** Consiste en una carcasa metálica que contiene un mecanismo de disparo de aguja de perforación con muelle, un cartucho de disparo, circuitos eléctricos y una regleta de contactos de entrada/salida para realizar las conexiones eléctricas. El dispositivo proporciona un disparo neumático automático del sistema de supresión SAPPHIRE. También permite realizar el disparo manual utilizando el botón pulsador de la carcasa de disparo.

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

Programa de análisis hidráulicos: Este programa calcula el flujo en dos fases del agente NOVEC 1230 y el nitrógeno a través de la red de tuberías. Una vez introducida la información sobre el compartimiento de área a proteger, el programa nos da el tiempo de descarga requerido y el número de orificios en la boquilla.

Normas aplicable: El sistema de supresión SAPPHIRE cumple con la norma NFPA 2001 “Sistemas de Extinción de Incendios Mediante Agentes Limpios” y el programa SNAP (Programa de nuevas alternativas significativas) de la EPA.

## 2.2 Agente FM-200



El agente extintor FM-200 es un gas limpio ampliamente aceptado como sustituto del halón. El FM-200, o heptafluoropropano ( $\text{CF}_3\text{CHF}_2\text{CF}_3$ ), es apto para la protección de la mayoría de los riesgos donde anteriormente se tenía que aplicar el halón 1301. Gracias a que el FM-200 no es conductor de la electricidad, inodoro e incoloro, es efectivo tanto en la protección de riesgos eléctricos como en salas de ordenadores. Además, es apto tanto para fuegos de clase A como para fuegos de clase B.

Estudios realizados según el modelo PBPK (physiologically based pharmacokinetic model), incluido en la NFPA 2001, han demostrado que la exposición de las personas al FM-200 durante un tiempo máximo de 5 minutos y a concentraciones de hasta el 10,5% v/v, no producen un nivel en la sangre asociado a una sensibilización cardiaca. El FM-200 actúa principalmente por medios físicos, debilitando y extinguiendo el fuego por absorción de calor.

Una vez descargado el FM-200 extingue rápidamente el fuego, minimizando los daños a la propiedad y a los equipos de alto valor, asegurando así mismo la total seguridad a las personas. Los sistemas con FM-200 están diseñados para descargar en 10 segundos. El agente se presuriza con nitrógeno seco a 24 bares y se almacena en cilindros de acero equipados con válvulas certificadas.

**Tabla 4 Beneficios del Agente FM-200**

VENTAJAS PRINCIPALES	INDICADO PARA
<p>Ampliamente aceptado como sustituto del Halón 1301</p> <p>Cilindros de hasta 240 Lts de capacidad</p> <p>No deja residuos tras su aplicación</p> <p>Descarga en 10 segundos</p> <p>No conduce electricidad</p>	<p>Áreas ocupadas</p> <p>Equipos electrónicos</p> <p>Equipos informáticos</p> <p>Equipos de telecomunicaciones</p> <p>Archivos</p> <p>Museos</p> <p>Bienes de alto valor</p>

### 2.3 Agente INERGEN



INERGEN es una mezcla de Nitrógeno, Argón y CO<sub>2</sub>, estos son gases naturales presentes normalmente en el aire que respiramos. Su nombre se deriva de inerte y nitrógeno. La mezcla utilizada es la siguiente: 52% Nitrógeno,

40% Argón, 8% CO<sub>2</sub>. El nitrógeno es el elemento más común en el aire. El argón es un gas puro, inerte y noble cuya densidad hace que el INERGEN tenga la misma densidad que el aire. El anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) estimula automáticamente la respiración en el cuerpo.

INERGEN inunda en pocos minutos la totalidad del recinto protegido con un gas invisible e inodoro, que permite respirar sin dificultad. La densidad del INERGEN similar a la del aire, permite un tiempo de retención muy largo, sin estratificación ni dilución. Los servicios de socorro o técnicos pueden entrar o salir repetidamente y sin peligro.

**Tabla 5 Beneficios del Agente INERGEN**

VENTAJAS PRINCIPALES	INDICADO PARA
INERGEN no se descompone No produce gases nocivos para las personas ni para el medio ambiente Es dieléctrico No existe riesgo de cortocircuito No produce niebla La visibilidad se mantiene Es respirable Contiene solo gases presentes en el aire que respiramos No deja residuos La acción del anhídrido carbónico es automática y actúa sobre las personas activando la respiración No provoca choque térmico No es un gas licuado y por tanto no necesita absorber calor	Centros de cálculos Archivos Museos Oficinas Subestaciones Laboratorios Turbinas

A continuación se ilustra un cuadro comparativo de los tres agentes de extinción mencionados, incluyendo el Halón (prohibido), resaltando los aspectos importantes.

**Tabla 6 Comparación de los Agentes Limpios de Extinción**

CUADRO COMPARATIVO DE AGENTES DE EXTINCION						
Agente	Tiempo de Vida en la Atmosfera (ALT)	Daño a la Capa de Ozono (ODP)	Calentamiento Global (GWP)	Espacio de Instalación	Costo del Agente	Daño al Ser Humano
FM-200	31 - 42 años	0	2900	1	1.1 A	Concentración de diseño 7.5%*
INERGEN	0	0	0	4:1	1.25 A	No toxico 37.5%
NOVEC 1230	5 días	0	1	1	A	4.2 % **
Halón 1301 (Prohibido)	180 años	12	5600	-----	-----	Concentración de diseño 5%

\*\* Límite seguro de concentración de diseño para la exposición al ser humano es 10% según la Norma NFPA 2001.

\* Exposiciones del ser humano a concentraciones del 10.5% por 5 minutos no han causado daño.

Luego de analizar y comparar este cuadro la elección más satisfactoria sin duda alguna es el agente limpio NOVEC 1230. Ya que en primer lugar dura muy poco en la atmosfera, no daña la capa de ozono y su comportamiento en el calentamiento global es casi nulo. Además su costo es mucho menor a los otros agentes. Y ocupa menos espacio en la instalación que el INERGEN, que en nuestro caso es crucial por no disponer área libre suficiente.

#### **2.4 Agente CLEANGUARD FE-36**

El FE-36 es un agente limpio, incoloro, inodoro y no conductor eléctrico que se descarga como un líquido y se convierte instantáneamente en gas, proporcionando un alcance efectivo mayor en la lucha contra incendios. Este no provoca daños a los equipos electrónicos delicados debido al choque térmico. (Ver apéndice 6).

El FE-36 ha sido aceptado por la agencia de protección medio ambiental de EEUU (EPA) para su uso comercial, industrial y militar de acuerdo con el programa de alternativas significativas SNAP.

Características principales del agente FE-36:

- Agente extintor excepcionalmente eficaz. La concentración de extinción del FE-36 es solo del 5.9% y dado a que se descarga en forma de líquido, también proporciona un alcance efectivo de descarga de hasta 16 ft (4.9 metros).
- Inocuo para componentes electrónicos sensible. No es conductor eléctrico, no deja residuos y no provoca daños por choque térmico.
- Aceptado por el programa SNAP de la agencia de protección medioambiental (EPA). Posee un potencial de agotamiento de la capa de ozono nulo.

- Toxicidad muy baja. El nivel más bajo con efecto adverso observable (LOAEL) es del 15% muy superior a su concentración de extinción.

#### **2.4.1 Extintores Portátiles de CLEANGUARD FE-36**

Características:

- Económico.
- Cumple o supera los requisitos de las normas ANSI / UL 2129 y 711.
- Los listados y homologaciones incluyen los de UL, ULC y FAA.
- Sencillo funcionamiento y mantenimiento.
- Recargables.
- Fabricado en materiales duraderos y de alta calidad.
- Temperatura de funcionamiento de -40°F a 120°F (40°C a 49°C).
- Manómetro grande y de fácil lectura.
- Garantía limitada de 6 años al comprador original.
- Venta y servicio técnico a través de una red de distribuidores independientes.

Aplicaciones: El FE-36 ha sido diseñado para la protección de riesgos ligeros y ordinarios. Estos extintores, compactos y portátiles, son adecuados para la protección de incendios en entornos industriales y comerciales, las aplicaciones típicas incluyen:

- Salas de ordenadores.
- Zonas claves de comunicaciones.
- Archivos de datos, documentos y obras de arte irremplazables.
- Laboratorios.
- Equipos sensibles y costosos.

Descripción:

- Los cuerpos CLEANGUARD se producen mediante un proceso de estampado en frío de único paso que da lugar a un recipiente de acero uniforme con una resistencia a la tracción extremadamente alta.
- El collar y el compartimiento inferior especialmente preformado se someten a una soldadura MIG para dar lugar a una soldadura continua y de excelente integridad.
- El 100% de los cuerpos de extintores es sometido a pruebas neumáticas a 600 psi (41.4 bar).
- Antes de pintar, se utiliza una pistola de granallado diseñada a medida para obtener un acabado de “metal antifricción” en el exterior del cuerpo. El proceso de granallado elimina los contaminantes de la superficie.
- El sistema de pintura en polvo de doble capa especialmente formulado se aplica electrostáticamente, y la pintura endurece en hornos infrarrojos.
- Las asas de agarre fácil están diseñadas para conseguir la máxima facilidad de transporte y permitir a los operarios luchar contra el fuego sin quitarse los guantes de trabajo.
- Los cuerpos de válvula de los extintores CLEANGUARD están hechos de una aleación duradera de aluminio extruido anodizado en negro para conseguir una mayor resistencia a la corrosión.
- Los conjuntos de válvulas completos incluyen husillo de acero chapado que contienen materiales de la junta torica y del asiento compatibles con el agente químico FE-36, para de este modo proporcionar un comportamiento fiable y una larga vida útil.
- Los resistentes tubos sifón de acero proporcionan un flujo de agente químico adecuado y fiable a través del cuerpo de válvula.
- Los extintores CLEANGUARD poseen grandes manómetros codificados por colores que proporcionan una rápida indicación visual de la disponibilidad de la unidad.

- Se utilizan pasadores de anillo metálico con cadena de retención metálicas que se mantienen inmovilizados mediante un cierre de inspección visual para impedir descargas accidentales.
- Una etiqueta de Mylar con una pieza de pictogramas de fácil lectura, proporciona al usuario instrucciones de funcionamiento paso a paso, así como las clases de riesgo para el cual ha sido diseñado el extintor.
- Los extintores CLEANGUARD se llenan en fábrica respetando estrictas tolerancias de llenado.
- Las unidades se presurizan y se comprueban que están totalmente libre de fugas utilizando la tecnología de espectrometría de masas.
- Las boquillas metalizas anodizadas están diseñadas de acuerdo a rigurosas especificaciones y maximizan la capacidad de extinción del modelo correcto.

Transporte:

- Los extintores CLEANGUARD se envían desde la fábrica en embalajes individuales de cartón ondulado reciclable. Estos embalajes de cartón de una pieza poseen asas y una toma de inspección del manómetro.
- Todos los embalajes de cartón de los extintores CLEANGUARD están etiquetados correctamente de acuerdo con la normativa del departamento de transporte de EEUU para facilitar su expedición.

Certificación de calidad:

- Como control de calidad final, se seleccionan muestras de extintores aleatoriamente para someterlos a pruebas de funcionamiento que incluyen la comprobación del porcentaje de descarga por peso y el tiempo de descarga.

## CAPÍTULO III

### DESARROLLO DE LAS MEDICIONES Y CÁLCULOS

El desarrollo para calcular como debe ser el diseño del sistema de extinción de incendios, que pueda proteger de una forma confiable y segura cada área, se llevo a cabo de la siguiente manera:

En el edificio Nro.1 (Data Centro), medimos todas sus dimensiones para obtener los volúmenes de cada sala, las temperaturas de los ambientes, y determinamos la altitud en que se encuentra la edificación para ajustar los valores. Con estos datos se obtuvo la cantidad de agente necesario, con el cual seleccionamos el tanque nominal y se calculó el número de boquillas necesarias. Con estos resultados elaboramos la mejor distribución de tuberías siempre respetando los espacios disponibles. Verificamos que la caída de presión esté dentro del rango permitido. Para obtener el diámetro de los orificios de descarga en las boquillas se necesito correr un programa de análisis hidráulico. Por último, se diseño todo el sistema de detección y alarma.

En el edificio Nro.2 (DTIC), tomamos las dimensiones de las zonas a proteger para obtener el volumen, pero como es un área muy pequeña, se seleccionó un extintor de agente limpio con una capacidad adecuada.

#### **3.1 Medición de Volúmenes en el Edificio Nro.1**

La medición se realizó de la siguiente manera. Se tomo en cuenta la forma trapezoidal de la estructura, se determinaron los volúmenes correspondientes a cada sala vacía, los de las zonas ocupadas por los servidores, baterías, techo falso, vigas, etc., para finalmente obtener el volumen neto o también llamado volumen reducido, que es el que ocupará el gas durante una supuesta supresión de incendio, y es el que nos interesa para realizar los cálculos de agente NOVEC 1230 necesario.

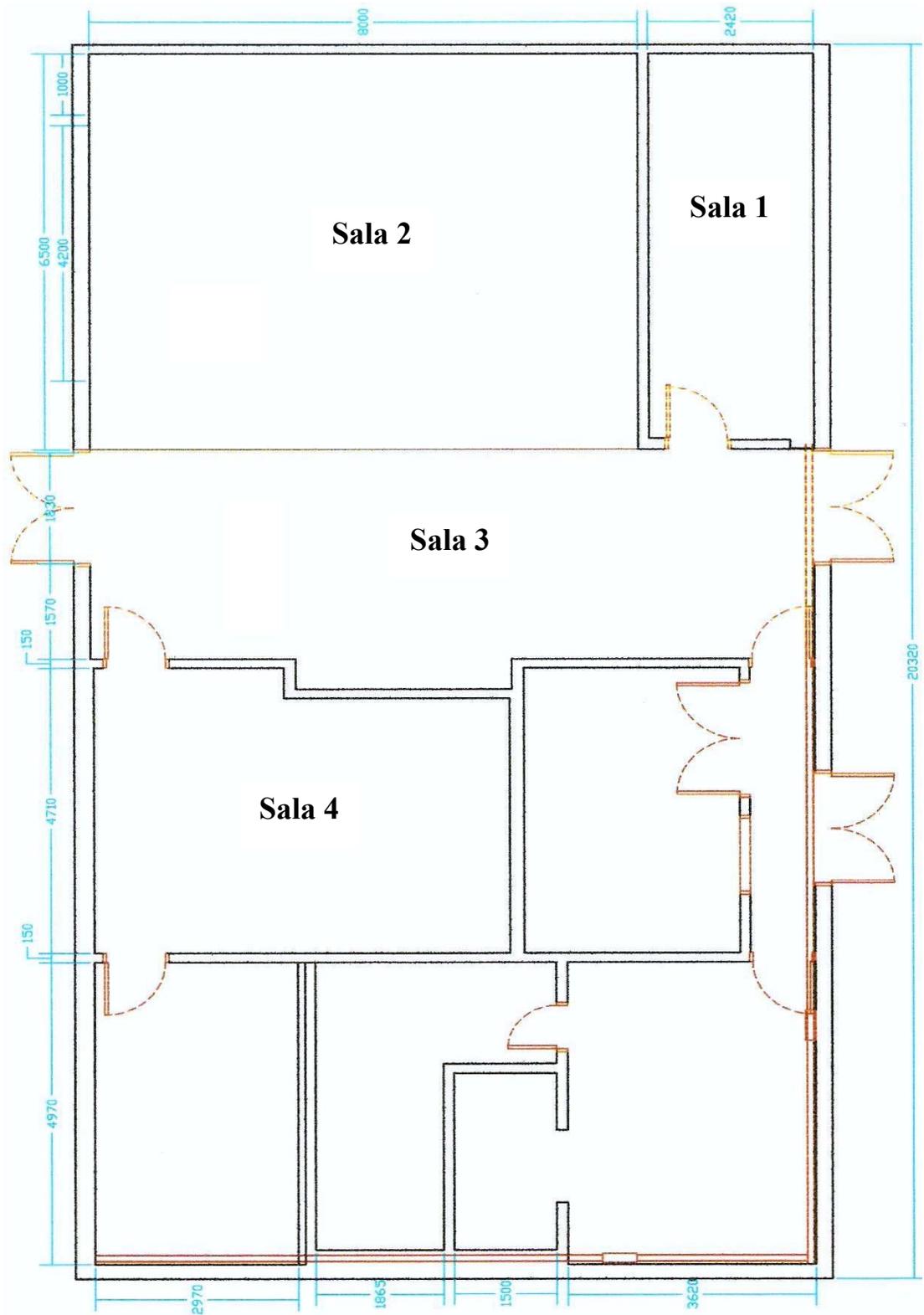
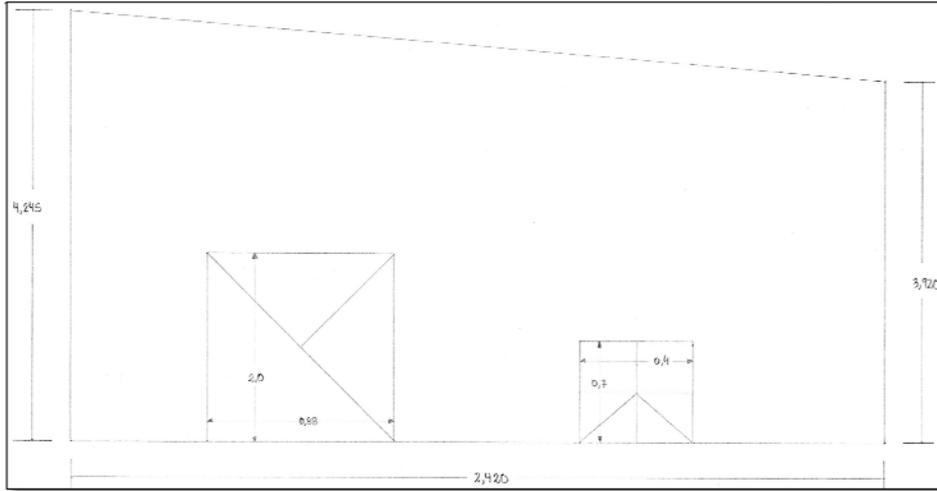


Fig. 17 Plano de Planta Referencial de Data Centro

**Sala 1.** Ver Fig. 17 y 18



**Fig. 18** Corte Transversal Sala 1

$$V_{total\ 1} = 0.5 * (2.42 * 0.325) + (2.42 * 3.92 * 6.5) = 64.21\ m^3$$

El volumen correspondiente a la sala 1 vacía es de  $64,21\ m^3$ , ahora necesitamos calcular los volúmenes ocupados de todos los objetos.

Cajetines eléctricos, hay 4 cuyas medidas son:

- Un cajetín: largo 1.3 m, ancho 0.8 m, profundidad 0.34 m.
- Un cajetín: largo 1 m, ancho 0.5 m, profundidad 0.17 m.
- Dos cajetines: largo 0.5, ancho 0.3 m, profundidad 0.14m.

$$V_{cajetin\ 1} = (0.34 * 1.3 * 0.8) = 0.3536\ m^3$$

$$V_{cajetin\ 2} = (1 * 0.5 * 0.17) = 0.085\ m^3$$

$$V_{cajetin\ 3} = 2(0.5 * 0.3 * 0.14) = 0.4806\ m^3$$

$$V_{total\ cajetines} = 0.3536 + 0.085 + 0.4806 = 0.9192\ m^3$$

Batería de respaldo, medidas: largo 0.8 m, ancho 0.7 m, profundidad 0.4 m.

$$V_{baterias} = 0.8 * 0.4 * 0.7 = 0.4806\ m^3$$

Módulo UPS, medidas: largo 3 m, alto 2 m, ancho 0.88 m.

$$V_{UPS} = 3 * 2 * 0.88 = 0.224 \text{ m}^3$$

Saliente de muro, medidas: alto 3.92 m, largo 1.4 m, ancho 0.15 m.

$$V_{saliente} = 0.15 * 1.4 * 3.92 = 0.8232 \text{ m}^3$$

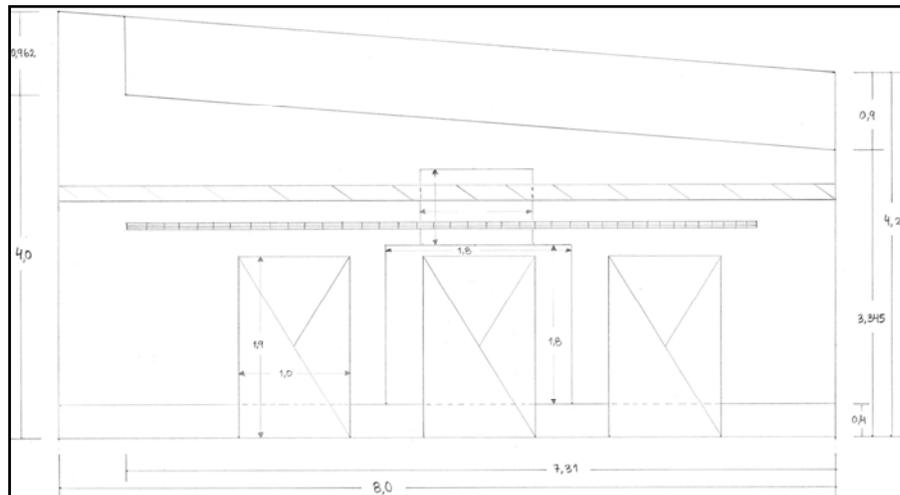
Volumen total ocupado:  $V_{tot\ ocupado} = V_{cajetines} + V_{baterias} + V_{UPS} + V_{saliente}$

$$V_{total\ ocupado\ 1} = 0.9192 + 0.4806 + 0.2240 + 0.8232 = 6.81 \text{ m}^3$$

Volumen neto o reducido:  $V_{Reducido\ 1} = V_{total\ 1} - V_{Ocupado\ 1}$

$$V_{reducido\ 1} = 64.21 - 6.81 = 57.4 \text{ m}^3$$

**Sala 2.** Ver Fig. 17 y 19



**Fig. 19** Corte Transversal Sala 2

$$V_{total\ 2} = [0.5 * (8 * 0.717) * 6.5] + (8 * 4.245 * 6.5) = 239.8 \text{ m}^3$$

El volumen correspondiente a la sala 2 vacía es de 239.8 m<sup>3</sup>, ahora necesitamos calcular los volúmenes ocupados de todos los objetos.

Servidores, hay 3 con medidas de largo 3.10 m, alto 1.90 m, ancho 1 m.

$$V_{servidores} = 3 * (1.90 * 3.10 * 1) = 17.67 m^3$$

Aire acondicionado de precisión, de ancho 1.80 m, alto 1.80 m, profundidad 0.9 m.

$$V_{a/acond} = 1.80 * 1.80 * 0.9 = 2.92 m^3$$

Ductería, medidas largo 8 m, ancho 1 m, alto 0.40 m.

$$V_{ducteria} = 8 * 1 * 0.40 = 3.20 m^3$$

Techo falso, medidas ancho 7.34 m, largo 6.5 m, alto 0.9 m.

$$V_{techo falso} = 7.34 * 6.5 * 0.9 = 42.94 m^3$$

Cajón de retorno del A/C, medidas ancho 1.3 m, alto 0.60 m, profundidad 0.6 m.

$$V_{cajon retorno} = 0.6 * 0.6 * 1.3 = 0.47 m^3$$

Impresora, medidas alto 0.95 m, profundidad 0.74 m, ancho 0.69 m.

$$V_{impresora} = 0.74 * 0.69 * 0.95 = 0.49 m^3$$

Debido a que las vigas de soporte de la estructura del cableado de los servidores representan un volumen apreciable las tomadas en cuenta, para lo cual se subdividieron en varias secciones de la siguiente manera:

- (a) 2 vigas de largo 8 m, lado 0.12m, lado 0.12 m.
- (b) 5 vigas de largo 4.2 m, 0.12 m, lado 0.06 m.
- (c) 1 viga de largo 1 m, lado 0.12 m, lado 0.06 m.
- (d) 4 vigas de largo 4.2 m, lado 0.1 m, lado 0.05 m.
- (e) 3 vigas de largo 8 m, lado 0.1 m, lado 0.05 m.

$$V_a = 2 * (0.12 * 0.12 * 8) = 0.23 m^3$$

$$V_b = 5 * (0.12 * 0.06 * 4.2) = 0.15 \text{ m}^3$$

$$V_c = 1 * (1 * 0.12 * 0.06) = 0.0072 \text{ m}^3$$

$$V_d = 4 * (0.10 * 0.05 * 4.2) = 0.084 \text{ m}^3$$

$$V_e = 3 * (0.10 * 0.05 * 8) = 0.12 \text{ m}^3$$

Volumen total de las vigas es:  $V_{tot \text{ vigas}} = V_a + V_b + V_c + V_d + V_e$

$$V_{tot \text{ vigas}} = 0.23 + 0.15 + 0.0072 + 0.084 + 0.12 = 0.59 \text{ m}^3$$

El volumen total ocupado es:

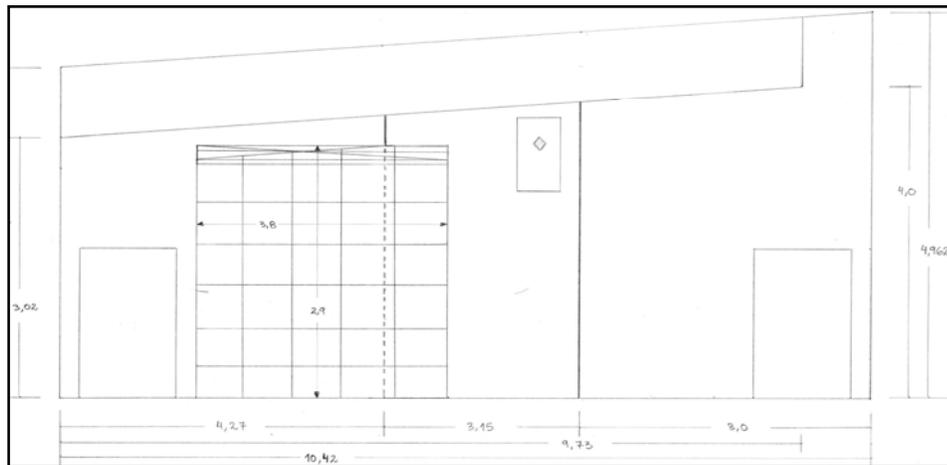
$$V_{total \text{ ocupado } 2} = V_{servidores} + V_{A/acondic} + V_{ducteria} + V_{cajon \text{ ret}} + V_{impresora} + V_{techo \text{ falso}} + V_{vigas}$$

$$V_{total \text{ ocupado } 2} = 17.67 + 2.92 + 3.20 + 42.94 + 0.47 + 0.49 + 0.59 = 68.3 \text{ m}^3$$

El volumen neto o reducido es:

$$V_{reducido \ 2} = 239.8 - 68.3 = 171.3 \text{ m}^3$$

**Sala 3.** Ver Fig. 17 y 20



**Fig. 20** Corte Transversal Sala 3

$$V_{total\ 3} = (3.92 * 10.42 * 3.4) + [0.5(10.42 * 1.042) * 3.4] + (3.15 * 0.5 * 4.3) \\ + [0.5(3.15 * 0.28) * 0.5] = 164.32m^3$$

El volumen correspondiente a la sala 3 vacía es de 164.32 m<sup>3</sup>, ahora necesitamos calcular los volúmenes ocupados de todos los objetos.

Central telefónica, medidas alto 3.8 m, largo 2.9 m, ancho 1 m.

$$V_{central} = 3.8 * 1 * 2.9 = 11.02 m^3$$

Computadora, medidas alto 1.9 m, largo 0.5 m, ancho 05 m.

$$V_{computadora} = 0.5 * 0.5 * 1.9 = 0.475 m^3$$

Para el saliente de pared y el techo falso, se tomo en cuenta la forma trapezoidal para sus cálculos, así tenemos:

Saliente de pared, el cual se dividió en dos partes una cuadrada y otra triangular.

$$V_{sal} = [0.5 * 0.25 * (4.05 * 0.34)] + (0.48 * 4.05 * 0.25) + (3.4 * 0.25 * 0.48) = 1.07 m^3$$

Techo falso, se midieron 2 áreas del techo:

$$V_{techo\ falso} = (0.9 * 9.73 * 3.4) + (0.9 * 0.5 * 3.15) = 31.2 m^3$$

Volumen total ocupado es:

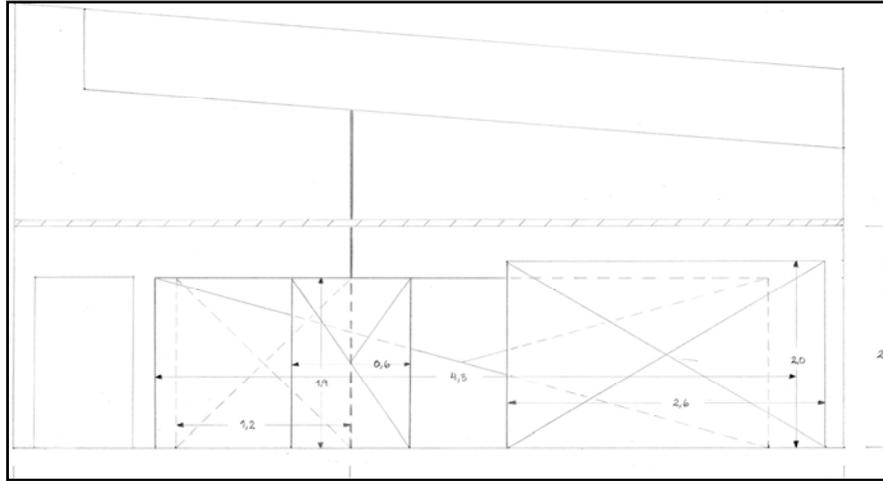
$$V_{total\ ocupado\ 3} = V_{computadora} + V_{central} + V_{techo\ falso} + V_{sal}$$

$$V_{total\ ocupado\ 3} = 0.475 + 11.02 + 31.20 + 1.07 = 43.77 m^3$$

Volumen neto o reducido es:

$$V_{reducido\ 3} = 164.32 - 43.77 = 120.55 m^3$$

**Sala 4.** Ver Fig. 17 y 21



**Fig. 21** Corte Transversal Sala 4

Para el volumen total, se dividió la sala en dos rectángulos perfectos tomando en cuenta que el cielo raso estaba dispuesto en forma totalmente horizontal (ver Fig. 21), así tenemos:

$$V_{total\ sala\ 4} = (3 * 4.71 * 2.62) + (3.150 * 2.620 * 4.21) = 71.75\ m^3$$

El volumen correspondiente a la sala 3 vacía es de  $164.32\ m^3$ , ahora necesitamos calcular los volúmenes ocupados de todos los objetos.

Gabinete, medidas ancho 1.5 m, alto 1.8 m, profundidad 0.45 m.

$$V_{gabinete} = 1.5 * 0.45 * 1.8 = 1.215\ m^3$$

Módulo, medidas largo 4.3 m, alto 1.90 m, ancho 0.6 m.

$$V_{modulos} = 4.3 * 0.6 * 1.90 = 4.9\ m^3$$

Servidores, largo 2.6m, alto 2m, ancho 0.5m, y alto 1.9m, ancho 0.6m, largo 0.9m

$$V_{servidor\ 1} = 2.6 * 0.5 * 2 = 2.6\ m^3$$

$$V_{servidor\ 2} = 0.6 * 0.9 * 1.9 = 1.026\ m^3$$

Cajetín eléctrico, de ancho 0.5 m, alto 0.6 m, profundidad 0.17 m.

$$V_{cajetin} = 0.5 * 0.17 * 0.6 = 0.051 m^3$$

Conjunto de PC, medidas alto 1.3 m, ancho 1.2 m, largo 1 m.

$$V_{PC} = 1.2 * 1.3 * 1 = 1.56 m^3$$

Baterías, medidas largo 1.5 m, alto 0.6 m, ancho 0.4 m.

$$V_{baterias} = 1.5 * 0.4 * 0.6 = 0.36 m^3$$

Volumen total ocupado es:

$$V_{total\ ocupado\ 4} = V_{gabinete} + V_{modulos} + V_{servidor\ 1} + V_{cajetin} + V_{PC} + V_{baterias} + V_{servidor\ 2}$$

$$V_{tot\ ocupado\ 4} = 1.215 + 4.9 + 2.6 + 0.051 + 1.56 + 0.36 + 1.026 = 11.71 m^3$$

Volumen neto o reducido es:

$$V_{reducido\ 4} = 71.75 - 11.71 = 60 m^3$$

**Tabla 7 Cuadro Resumen de Volúmenes Neto**

<b>Edificio 1 (Data Centro)</b>	<b>Volumen Reducido (m³)</b>	<b>Volumen Reducido (ft³)</b>
Sala 1	57.40	2027.55
Sala 2	171.30	6045.94
Sala 3	120.55	4262.19
Sala 4	60	2120.14

### 3.2 Medición de Temperaturas en el Edificio Nro.1

Utilizamos un instrumento (ver ANEXO 1) para medir las temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo respectivamente, en cada sala todas a puerta cerradas dejando un lapso de 30 minutos antes de tomar cada medida de modo de dar tiempo a que el instrumento se estabilice, realizamos tres mediciones por sala a intervalos de 15 minutos cada una. De este modo obtuvimos las siguientes tablas:

**Tabla 8 Temperaturas Sala 1**

HORA	TBS (°C)	TBH (°C)
07:35 am	23.80	18.50
07:50 am	25.00	19.40
08:05 am	25.50	19.20
Promedio	<b>24.76</b>	<b>19.03</b>

**Tabla 9 Temperaturas Sala 2**

HORA	TBS (°C)	TBH (°C)
08:40 am	20.40	13.30
08:55 am	19.70	12.10
09:10 am	18.60	11.40
Promedio	<b>19.56</b>	<b>12.26</b>

**Tabla 10 Temperaturas Sala 3**

HORA	TBS (°C)	TBH (°C)
09:45 am	20.90	13.30
10:00 am	17.60	12.20
10:15 am	16.80	12.10
Promedio	<b>18.43</b>	<b>12.53</b>

Tabla 11 Temperaturas Sala 4

HORA	TBS (°C)	TBH (°C)
10:50 am	22.10	15.10
11:05 am	24.00	15.50
11:20 am	24.40	15.50
Promedio	<b>23.50</b>	<b>15.36</b>

Tabla 12 Temperaturas Promedios

Edificio 1 (Data Centro)	Temperatura Promedio TBS (°C)
Sala 1	24.76
Sala 2	19.56
Sala 3	18.43
Sala 4	23.50

### 3.3 Cálculo de Agente Necesario en el Edificio Nro.1

Según lo estipulado por la Norma NFPA 2001, tenemos:

**Sala 1.** Datos:  $V_{reducido\ 1} = 57.4\ m^3 = 2027.55\ ft^3$  (ver Tabla 7)  
 Temperatura =  $24.76 \approx 24.8\ ^\circ C = 76.64\ ^\circ F$  (ver Tabla 12)

Concentración mínima de diseño para el sistema SAPPHIRE. Tomamos los de Clase A o C = 4.2% (ver Tabla 13).

**Tabla 13 Concentraciones de Diseño para el Sistema SAPHIRE**

SAPHIRE Minimum Design Concentrations	
Class A Surface Fuels	4.2% ←
Class B Fuels	Heptane 5.85%*
Class C Fuels	4.2% ←

\* Contact Ansul Technical Services Department for Minimum Design Concentrations for other Class B fuels.

Class A, B (contact ANSUL for types), and C hazards are UL listed and FM approved for SAPHIRE systems.

Complete this step for each area protected by the system.

Design Concentrations are determined by NFPA 2001, 2000 edition, Paragraph 3-4.2 and UL-2127, first edition, Paragraph 59.2(b).

Cálculo mediante la fórmula de la NFPA 2001

$$W = \frac{V}{S} * \frac{C}{100 - C}$$

Donde:

W = Peso del agente en libras (lbs)

V = Volumen reducido (ft<sup>3</sup>)

C = Concentración de diseño para el NOVEC 1230 (% por volumen)

S = Volumen específico de vapor (ft<sup>3</sup>/lbs)

$$S = 0.9856 + 0.002441 * T = 0.9856 + 0.002441 * 76.64 \text{ °F} = 1.1711 \text{ ft}^3/\text{lbs}$$

$$W = \frac{2027 \text{ ft}^3}{1.1711 \text{ ft}^3/\text{lbs}} * \left( \frac{4.2}{100 - 4.2} \right) = 75.9 \text{ lbs} \quad \text{“cantidad de agente requerido”}$$

Otra manera de calcular la cantidad de agente necesario (W), es usando la tabla de cantidad de flujo total, donde realizamos una interpolación para determinar el valor del volumen específico de vapor (S), (ver tabla 14) con la concentración de 4.2%.

**Tabla 14 Tabla de Cantidad de Flujo Total (unidades Inglesa)**

TOTAL FLOODING QUANTITY (English Units)															
Temp. t (°F) <sup>b</sup>	Specific Vapor Volume s (ft <sup>3</sup> /lb) <sup>c</sup>	Weight Requirements of Hazard Volume, W/V (lb/ft <sup>3</sup> ) <sup>a</sup>													
		Design Concentration (% by volume)													
		4.2	4.5	5	5.5	5.85	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10
-20	0.9368	0.0468	0.0503	0.0562	0.0621	0.0663	0.0681	0.0742	0.0803	0.0866	0.0928	0.0992	0.1056	0.1121	0.1186
-10	0.9612	0.0466	0.0490	0.0548	0.0606	0.0646	0.0664	0.0723	0.0783	0.0844	0.0905	0.0966	0.1029	0.1092	0.1156
0	0.9856	0.0445	0.0478	0.0534	0.0591	0.0630	0.0648	0.0705	0.0764	0.0823	0.0882	0.0943	0.1003	0.1065	0.1127
10	1.0100	0.0434	0.0467	0.0521	0.0576	0.0615	0.0632	0.0688	0.0745	0.0803	0.0861	0.0920	0.0979	0.1039	0.1100
20	1.0344	0.0424	0.0456	0.0509	0.0563	0.0601	0.0617	0.0672	0.0728	0.0784	0.0841	0.0898	0.0956	0.1015	0.1074
30	1.0588	0.0414	0.0445	0.0497	0.0550	0.0587	0.0603	0.0657	0.0711	0.0766	0.0821	0.0877	0.0934	0.0991	0.1049
40	1.0832	0.0405	0.0435	0.0486	0.0537	0.0574	0.0589	0.0642	0.0695	0.0749	0.0803	0.0858	0.0913	0.0969	0.1026
50	1.1077	0.0396	0.0425	0.0475	0.0525	0.0561	0.0576	0.0628	0.0680	0.0732	0.0785	0.0839	0.0893	0.0948	0.1003
60	1.1321	0.0387	0.0416	0.0465	0.0514	0.0549	0.0564	0.0614	0.0665	0.0716	0.0768	0.0821	0.0874	0.0927	0.0981
70	1.1565	0.0379	0.0407	0.0455	0.0503	0.0537	0.0552	0.0601	0.0651	0.0701	0.0752	0.0803	0.0855	0.0908	0.0961
80	1.1809	0.0371	0.0399	0.0446	0.0493	0.0526	0.0541	0.0589	0.0637	0.0687	0.0736	0.0787	0.0838	0.0889	0.0941
90	1.2053	0.0364	0.0391	0.0437	0.0483	0.0516	0.0530	0.0577	0.0624	0.0673	0.0721	0.0771	0.0821	0.0871	0.0922
100	1.2297	0.0357	0.0383	0.0428	0.0473	0.0505	0.0519	0.0565	0.0612	0.0659	0.0707	0.0755	0.0804	0.0854	0.0904
110	1.2541	0.0350	0.0376	0.0420	0.0464	0.0495	0.0509	0.0554	0.0600	0.0647	0.0693	0.0741	0.0789	0.0837	0.0886
120	1.2785	0.0343	0.0369	0.0412	0.0455	0.0486	0.0499	0.0544	0.0589	0.0634	0.0680	0.0727	0.0774	0.0821	0.0869
130	1.3029	0.0336	0.0362	0.0404	0.0447	0.0477	0.0490	0.0534	0.0578	0.0622	0.0667	0.0713	0.0759	0.0806	0.0853
140	1.3273	0.0330	0.0355	0.0397	0.0438	0.0468	0.0481	0.0524	0.0567	0.0611	0.0655	0.0700	0.0745	0.0791	0.0837
150	1.3518	0.0324	0.0349	0.0389	0.0431	0.0460	0.0472	0.0514	0.0557	0.0600	0.0643	0.0687	0.0732	0.0777	0.0822
160	1.3762	0.0319	0.0342	0.0382	0.0423	0.0452	0.0464	0.0505	0.0547	0.0589	0.0632	0.0675	0.0719	0.0763	0.0807
170	1.4006	0.0313	0.0336	0.0376	0.0416	0.0444	0.0456	0.0496	0.0537	0.0579	0.0621	0.0663	0.0706	0.0749	0.0793
180	1.4250	0.0308	0.0331	0.0369	0.0408	0.0436	0.0448	0.0488	0.0528	0.0569	0.0610	0.0652	0.0694	0.0737	0.0780
190	1.4494	0.0302	0.0325	0.0363	0.0402	0.0429	0.0440	0.0480	0.0519	0.0559	0.0600	0.0641	0.0682	0.0724	0.0767
200	1.4738	0.0297	0.0320	0.0357	0.0395	0.0422	0.0433	0.0472	0.0511	0.0550	0.0590	0.0630	0.0671	0.0712	0.0754
210	1.4982	0.0293	0.0315	0.0351	0.0388	0.0415	0.0426	0.0464	0.0502	0.0541	0.0580	0.0620	0.0660	0.0701	0.0742
220	1.5226	0.0288	0.0309	0.0346	0.0382	0.0408	0.0419	0.0457	0.0494	0.0533	0.0571	0.0610	0.0650	0.0689	0.0730

Temperatura (°F)	S (ft <sup>3</sup> /lbs)
70	0.0379
76.64	X
80	0.0371

$24.76 \approx 24.8^{\circ}\text{C} = 76.64^{\circ}\text{F}$

Interpolando:  $X = 0.0374 \text{ ft}^3/\text{lbs} = \text{S}$

La cantidad agente es:

$W_1 = 2027.55 \text{ ft}^3 * 0.0374 \text{ lbs}/\text{ft}^3 = 75.81 \text{ lbs}$

$75.9 \text{ lbs} \approx 75.81 \text{ lbs}$  es decir  $W \approx W_1$

De las dos formas de calcular la cantidad de agente necesario, nos da prácticamente el mismo resultado.

### 3.4 Ajuste de la Cantidad de Agente por el Factor Altitud en el Edificio Nro.1

#### Sala 1. Datos:

La presión barométrica la medimos con el barómetro del Laboratorio de Termodinámica de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la UCV (ver ANEXO 2). Dándonos el siguiente valor  $P = 698 \text{ mmHg}$ , con este buscamos en la Tabla 15 y obtenemos el factor de corrección atmosférica para el agente NOVEC 1230.

**Tabla 15 Factores de Corrección Atmosférica del Agente NOVEC 1230**

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

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

Se efectuó una interpolación para determinar el valor del factor de corrección atmosférica. Este lo multiplicamos por la cantidad de agente (W), y se obtiene la real cantidad real de agente necesaria para la sala 1.

Presión (cmHg)	Factor de Corrección
70.5	0.93
69.8	X
67.8	0.89

$$698 \text{ mmHg} = 69.8 \text{ cmHg}$$

Interpolando:  $X = 0.92$  (ver Tabla 15)

$$W = 75.81 \text{ lbs} * 0.92 = \mathbf{69.75 \text{ lbs}}$$

### 3.5 Verificación de la Concentración de Diseño para la Máxima Temperatura medida en el Edificio Nro.1

**Sala 1.** Datos:

Temperatura máxima medida:  $T_{\max} = 25.5 \text{ }^\circ\text{C} = 77.9 \text{ }^\circ\text{F}$  (ver Tabla 8)

$S = 0.9856 + 0.002441 (77.9 \text{ }^\circ\text{F}) = 1.1758 \text{ ft}^3/\text{lbs}$

$$C = \frac{100 * W}{\left(\frac{V}{S} + W\right)} = \frac{100 * 69.75 \text{ lb}}{\left(\frac{2027.55 \text{ ft}^3}{1.1758 \text{ ft}^3/\text{lbs}} + 69.75 \text{ lbs}\right)} = 0.3888 = 3.8 \%$$

$$\frac{C}{\text{factor de altitud}} = \frac{0.3888}{0.92} = 0.4226 = 4.23 \% \text{ "Aceptable"}$$

### 3.6 Verificación de la Concentración de Diseño para la Temperatura Promedio medida en el Edificio Nro.1

**Sala1.** Datos:

Temperatura promedio:  $T_{\text{promedio}} = 24.8 \text{ }^\circ\text{C} = 76.64^\circ\text{F}$  (ver Tabla 12)

$S = 0.9856 + 0.002441 (76.64 \text{ }^\circ\text{F}) = 1.1727 \text{ ft}^3/\text{lbs}$

$$C = \frac{100 * W}{\left(\frac{V}{S} + W\right)} = \frac{100 * 69.75 \text{ lb}}{\left(\frac{2027.55 \text{ ft}^3}{1.1727 \text{ ft}^3/\text{lbs}} + 69.75 \text{ lbs}\right)} = 0.3878 = 3.8 \%$$

$$\frac{C}{\text{factor de altitud}} = \frac{0.3878}{0.92} = 0.4215 = 4.22 \% \text{ "Aceptable"}$$

Así mismo se realizaron los pasos anteriores de verificación de concentración con las temperaturas máximas y promedios respectivamente para las 3 salas restantes, y se obtuvo la siguiente tabla de resultados:

**Tabla 16 Resultado de la Cantidad Real de Agente NOVEC 1230 Necesaria**

Edificio Nro.1	Agente Requerido en lbs (fórmula)	Agente Requerido en lbs (tabla)	Ajuste por Altitud (lbs)	Concentración de Diseño a $T_{Max}$ (°F)	Concentración de Diseño a $T_{prom}$ (°F)
Sala 1	75.9	75.8	69.75	4.23 %	4.22%
Sala 2	230.49	230.5	211.92	4.22%	4.20%
Sala 3	163.25	163.24	150.18	4.25%	4.21%
Sala 4	79.58	79.50	73.14	4.21%	4.20%

### 3.7 Selección del Número de Boquillas en el Edificio Nro.1

Se seleccionaron los aspersores respetando la norma NFPA 2001, de la siguiente manera: Boquilla de 360° con un alcance de 9.8 m, que según el fabricante tiene 16 orificios (ver Tabla 17).

#### Sala 1

Largo	$6.5 \text{ m} / 9.8 \text{ m} = 0.66 \sim 1$	1 boquilla
Ancho	$2.42 \text{ m} / 9.8 \text{ m} = 0.24 \sim 1$	1 boquilla
Total de Boquilla	$1 * 1 = 1$	1 sola boquilla

#### Sala 2

Largo	$8 \text{ m} / 9.8 \text{ m} = 0.81 \sim 1$	1 boquilla
Ancho	$6.5 \text{ m} / 9.8 \text{ m} = 0.66 \sim 1$	1 boquilla
Total de Boquilla	$1 * 1 = 1$	1 boquilla*

\*Por razones de mayor seguridad en esta sala se seleccionaran 2 boquillas en vez de 1

**Sala 3**

Largo	10.42 m / 9.8 m = 1.06 ~ 2	2 boquillas
Ancho	3.4 m / 9.8 m = 0.34 ~ 1	1 boquilla
Total Rociadores	2 * 1 = 2	2 boquillas

**Sala 4**

Largo	6.2 m / 9.8 m = 0.66 ~ 1	1 boquilla
Ancho	4.7 m / 9.8 m = 0.47 ~ 1	1 boquilla
Total de Boquilla	1 * 1 = 1	1 sola boquilla

**Tabla 17 Especificaciones de Boquillas de Descarga para el Sistema SAPPHIRE**



**Discharge Nozzles**

The discharge nozzles are available in a 180° and 360° pattern and are designed to uniformly distribute the Novec™ 1230 agent throughout the hazard area.

The 180° nozzle has seven ports and the 360° nozzle has sixteen ports. Six sizes of nozzles are available, 1/2 through 2 in.

The hydraulic flow program will determine the nozzle size and orifice size required.

Component	Material	Threads	Approvals
1/2 in. Nozzle	Brass	1/2 in. NPT	UL Listed
3/4 in. Nozzle		3/4 in. NPT	ULC Listed
1 in. Nozzle		1 in. NPT	FM Approved
1 1/4 in. Nozzle		1 1/4 in. NPT	
1 1/2 in. Nozzle		1 1/2 in. NPT	
2 in. Nozzle		2 in. NPT	



180° NOZZLE PATTERN



360° NOZZLE PATTERN

Shipping Assembly Part No.	Description
570515	1/2 in Nozzle – 180°
570516	3/4 in. Nozzle – 180°
570517	1 in. Nozzle – 180°
570518	1 1/4 in. Nozzle – 180°
570519	1 1/2 in. Nozzle – 180°
570520	2 in. Nozzle – 180°
570602	1/2 in. Nozzle – 360°
570603	3/4 in. Nozzle – 360°
570604	1 in. Nozzle – 360°
570605	1 1/4 in. Nozzle – 360°
570606	1 1/2 in. Nozzle – 360°
570607	2 in. Nozzle – 360°

### 3.8 Selección del Tanque, Válvulas y Tuberías en el Edificio Nro.1

En esta parte seleccionamos el tamaño del tanque nominal según la cantidad de agente requerido usando la Tabla 19, la que nos dice también el diámetro de la válvula de la bombona. A continuación se elaboró un cuadro resumen donde ajustamos la cantidad de agente para cada sala:

**Tabla 18 Ajuste de la Cantidad de Agente NOVEC 1230 Requerido**

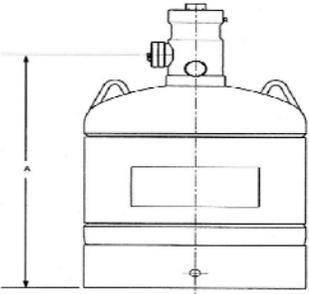
Edificio Nro.1	Cantidad de Agente Requerido (lbs)	Ajuste (lbs)	Boquillas
Sala 1	69.75	70	1
Sala 2	211.92	212	2
Sala 3	150.18	151	2
Sala 4	73.14	74	1

**Tabla 19 Especificaciones del Tanque Nominal para el Sistema SAPPHIRE**

**SAPPHIRE<sup>™</sup>**  
SUPPRESSION SYSTEMS

**Agent Tank Shipping Assembly**

The agent tank assemblies are manufactured in accordance with DOT 4BW450 and consist of a tank fitted with a valve and internal siphon tube. Eight partial filled tank sizes are available. A nameplate is adhered to the tank displaying the agent weight and gross weight. Tanks are superpressurized with dry nitrogen to 360 psi (25 bar) at 70 °F (21 °C). All tanks are available in multiple fill increments.



Component	Material	Approvals
Tank	Steel	DOT4BW450
Valve	Brass	
Valve/Tank Assembly		UL Listed ULC Listed FM Approved

Shipping Assembly Part No./TC	Nominal Tank Size lbs. (kg)	Agent Quantity lbs. (kg)	Approximate Empty Weight lbs. (kg)	Dimension "A" in. (cm)	Diameter in. (cm)	Valve Size
570635	20 (9.1)	10 to 21 (4.5 to 9.5)	33 (15)	12 (30.4)	10 (25.4)	1 in.
570633	50 (22.7)	20 to 46 (9.1 to 21)	41 (18.6)	19.8 (50.2)	10 (25.4)	1 in.
570634	90 (40.8)	37 to 88 (17 to 40)	57.5 (26)	32.8 (83.3)	10 (25.4)	1 in.
570638	140 (63.5)	58 to 138 (26 to 62.6)	108 (49)	23.5 (59.6)	16 (40.6)	2 in.
570639/570657	280 (127)	116 to 280 (52.6 to 127)	158 (71.7)	40.2 (102)	16 (40.6)	2 in.
570640/570652	390 (177)	161 to 388 (73 to 176)	198 (90)	53.3 (135)	16 (40.6)	2 in.
570641/570653	450 (204)	194 to 459 (88 to 204)	233 (106)	64.3 (163)	16 (40.6)	2 in.
570586/570654	850 (386)	375 to 851 (170 to 386)	456 (207)	57.7 (146.6)	24 (61)	3 in.

**Tabla 20 Rango de Flujo según el Diámetro de la Tubería**

Pipe Diameter	Minimum Flow Rate		Maximum Flow Rate	
	lb/s	(kg/s)	lb/s	(kg/s)
1/2 in.	1.0	(0.5)	3.0	(1.4)
3/4 in.	2.0	(0.9)	5.5	(2.5)
1 in.	3.5	(1.6)	8.5	(3.9)
1 1/4 in.	6.0	(2.7)	12.5	(5.7)
1 1/2 in.	9.0	(4.1)	20.0	(9.1)
2 in.	14.0	(6.4)	30.0	(13.6)
2 1/2 in.	20.0	(9.1)	55.0	(24.9)
3 in.	30.0	(13.6)	90.0	(40.8)
4 in.	55.0	(24.9)	125.0	(56.7)
5 in.	90.0	(40.8)	200.0	(90.7)
6 in.	120.0	(54.4)	300.0	(136.1)

**Sala 1:** Cantidad de agente 70 lbs, tiempo máximo de descarga 10 segundos, con una boquilla. Rata de Flujo:  $70 \text{ lbs} / 10 \text{ s} = 7 \text{ lbs/s}$ . Seleccionamos el tanque nominal de 140 lbs (ver Tabla 19), también podría ser la bombona de 90 lbs pero como la cantidad de agente requerida está muy cerca al límite máximo del rango permitido lo descartamos para evitar que ocurra algún problema con el agente durante el recorrido de la tubería o a la descarga. Indicándonos que tiene una válvula de 2'' (ver Tabla 22 para conocer su forma y tamaño). Verificamos que se pueda colocar tuberías de 2'' y sea apto para el rango de descarga de 7 lbs/s, mediante la Tabla 20 que nos indica lo siguiente:

Diámetro	Mínima Rata de Flujo	Máxima Rata de Flujo	Estatus
2''	14 lbs/s	30 lbs/s	No está dentro del rango

Entonces como no llega al rango, colocaremos un reductor entre la válvula de 2'' a la tuberías de 1'' y así la rata de flujo de 7 lbs/s estará dentro del rango 3.5-8.5 lbs/s. Y la boquilla de descarga será de 1''.

**Sala 2:** Cantidad de agente 212 lbs, tiempo máximo de descarga 10 segundos, con dos boquillas. Rata de Flujo:  $212 \text{ lbs} / 10 \text{ s} = 21.2 \text{ lbs/s}$ , entre 2 boquillas son 10.6 lbs/s para cada una. Seleccionamos el tanque nominal de 280 lbs cuya válvula es de 2'' (ver Tabla 19). Verificamos que el rango de la válvula de 2'' por la Tabla 20 está entre 14-30 lbs/s, pero debemos seleccionar cual tubería me sirve para la bifurcación ya que son 2 boquillas. En la misma Tabla 20 observamos que el diámetro que maneja esa rata es de 1 ¼'' cuyo rango es de 6-12.5 lbs/s. Por lo tanto para la bifurcación el diámetro de la tubería será de 1 ¼'' y se colocaran boquillas de descarga de 1 ¼''.

**Sala 3:** Cantidad de agente 151 lbs, tiempo máximo de descarga 10 segundos, con dos boquillas. Rata de Flujo  $151 \text{ lbs} / 10 \text{ s} = 15.1 \text{ lbs/s}$ , entre 2 boquillas son 7.55 lbs/s para cada una. Seleccionamos el tanque nominal de 280 lbs cuya válvula es de 2'' (ver Tabla 19). Igual que en la sala 2 la válvula de 2'' me sirve para un flujo de 15.1 lbs/s, en la bifurcación tenemos dos opciones para una rata de flujo 7.55 lbs/s en cada boquilla (ver Tabla 20), una es de 1'' y la otra es de 1 ¼'', pero elegimos las tuberías de diámetro de 1 ¼'' que me da un rango más holgado y las boquillas de descarga también de 1 ¼''.

**Sala 4:** Cantidad de agente 74 lbs, tiempo máximo de descarga 10 segundos, con una boquilla. Rata de Flujo  $74 \text{ lbs} / 10 \text{ s} = 7.4 \text{ lbs/s}$ . Seleccionamos el tanque nominal de 140 lbs cuya válvula es de 2'' (ver Tabla 19). Verificando en la Tabla 20 el rango de rata de flujo está entre 14-30 lbs/s para una boquilla de 2''. Realizamos el mismo procedimiento que en la sala 1, se coloca un reductor entre la válvula de la bombona y la tubería de 2'' a 1'', y se tiene que la boquilla de descarga será de 1''.

A continuación se especifica cuáles son los accesorios y sus medidas en la red de tubería para cada sala, mediante el cuadro resumen siguiente:

**Tabla 21 Cuadro Resumen de Accesorios y Distribución de Tuberías**

Edificio Nro.1	Tanque Nominal (lbs)	Cantidad de Agente Final (lbs)	Boquillas	Rata de Flujo (lbs/s)	Diámetro Tubería (pulg)	Diámetro de la Boquilla (pulg)
Sala 1	140	70	1	7	1	1
Sala 2	280	212	2	10.6	1 y dos ramales de 1 ¼	2 de 1 ¼
Sala 3	280	151	2	7.55	1 y dos ramales de 1 ¼	2 de 1 ¼
Sala 4	140	74	1	7.4	1	1

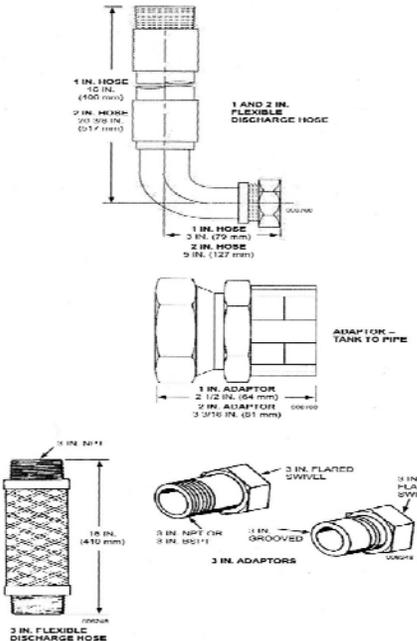
**Tabla 22 Especificaciones de Válvula Flexible para el Sistema SAPPHIRE**



**Flexible Discharge Hose**

The flexible discharge hose is used to connect the tank valve outlet to rigid distribution piping. On single tank systems, a check valve is not required. Three sizes of flexible discharge hoses are available: 1 in. (for 20, 50, and 90 lb. tank sizes), 2 in. (for 140, 280, 390, and 450 lb. tank sizes), and 3 in. (for 850 lb. tank sizes).

Component	Material	Approvals
1, 2, 3 in. Flexible Discharge Hose	Stainless Steel Tubing with Stainless Steel Braid Cover	UL Listed ULC Listed FM Approved



Shipping Assembly Part No.	Description
570539	1 in. Flexible Discharge Hose
570538	2 in. Flexible Discharge Hose
69990	3 in. Flexible Discharge Hose
570557	1 in. Single Tank Swivel Adaptor
570558	2 in. Single Tank Swivel Adaptor
69470	3 in. Flared to 3 in. NPT Single Tank Swivel Adaptor
69471	3 in. Flared to 3 in. Grooved Single Tank Swivel Adaptor
570363	3 in. Flared to 3 in. BSPT Single Tank Swivel Adaptor

### 3.9 Verificación del Diseño del Sistema Mecánico

Es conveniente hacer una distribución lo más simétrica posible de las tuberías para evitar un sistema hidráulicamente desbalanceado, lo que traería como consecuencia un manejo de flujo volumétrico desigual para las diferentes boquillas de descarga. Por otro lado la norma NFPA 2001 establece para estos sistema por inundación total, que la caída de presión no debe exceder de los 200 Psi, desde que sale del tanque hasta la salida donde está la boquilla para garantizar así una eficiente descarga del sistema.

En esta sección nos dedicamos a verificar que en efecto se cumpla esta condición para nuestro sistema en cada sala tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- El tiempo de descarga establecido para el sistema SAPPHIRE debe ser máximo en 10 segundos.
- Las propiedades del líquido NOVEC 1230 se obtuvieron del fabricante.
- No tomamos en cuenta las pérdidas ocasionadas por la válvula de salida de la bombona ni la manguera flexible por no contar con los respectivos datos técnicos ya que el fabricante se las reserva.
- Se asumimos estrictamente que el flujo se desplaza totalmente líquido durante todo el recorrido por la tubería.

El proceso de verificación se llevo a cabo de la siguiente manera para cada una de las salas:

1. Se determinaron las velocidades del fluido por la tubería, tomando en cuenta el cambio de sección en el caso que aplique.
2. Se cálculo los números de Reynolds.
3. Se utilizó el diagrama de Moody para obtener el factor de fricción  $f$ .
4. Se calcularon las pérdidas totales tomando en cuenta los tramos donde existe cambio de diámetro y los accesorios.
5. Se convirtieron estas pérdidas a unidades de presión.

A continuación realizamos los cálculos tipos para determinar la caída de presión en la sala 1, los datos necesarios son:

Densidad del líquido:  $\rho = 1600 \text{ kg/m}^3$

1 m = 39.370 pulg

Cantidad de agente: 70 lbs

1 lb = 0.453 kg

6894 Nw/m<sup>2</sup> = 1 Psi

Viscosidad cinemática:  $\nu = 3.9 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$

Gravedad:  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

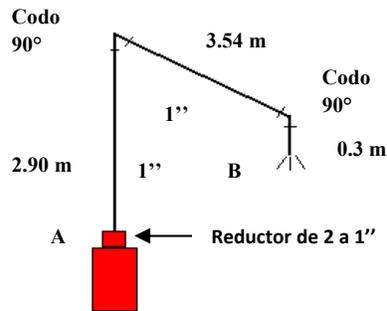


Fig. 22 Esquema del Sistema en Sala 1

$$\dot{m} = \rho * Vel_f * A \quad Vel_{fAB} = \frac{\dot{m}}{\rho * A} = \frac{3.18 \text{ kg/s}}{1600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \pi (0.025\text{m})^2 / 4} = 4.05 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{D_{AB} * Vel_{fAB}}{\nu} = \frac{0.025 \text{ m} * 4.05 \text{ m/s}}{3.9 * 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}} = 259615.4 \approx 2.5 * 10^5 \text{ (Flujo Turbulento)}$$

Para el factor de fricción, necesitamos la rugosidad relativa o  $\epsilon/D = 0.0018$ , valor que obtenemos del diagrama de rugosidad (ver Apéndice 1), en un acero comercial de 1". Con este dato y el número de Reynolds ubicamos el factor de fricción en el diagrama de Moody (ver Apéndice 2), así obtenemos que  $f = 0.023$  para este caso.

Se cálculo la pérdida en este tramo tomando en cuenta los accesorios con su respectiva longitud equivalente, para un codo de 90° de 1" su longitud equivalente es 0.76 m y para el reductor de 2" a 1" es 1.3 m (ver Apéndice 3), por lo tanto la longitud equivalente total es:

$$L_{eq} = 1.3 \text{ m} + 2.9 \text{ m} + 0.76 \text{ m} + 3.54 \text{ m} + 0.76 \text{ m} + 0.3 \text{ m} = 9.56 \text{ m}$$

La pérdida de altura en metros vendría dada por:  $h_{LAB} = f * \frac{L_{eqAB}}{D_{AB}} * \frac{Vel_{fAB}^2}{2g}$

$$h_{LAB} = 0.023 * \frac{9.56 \text{ m}}{0.025 \text{ m}} * \frac{(4.05 \text{ m/s})^2}{2 * 9.81 \text{ m/s}} = 7.35 \text{ m} \quad \rightarrow \Delta P = \gamma \cdot h_{LAB} = \rho * g * h_{LAB}$$

$$\Delta P_{AB} = 1600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 7.35 \text{ m} = 115365.6 \frac{\text{Nw}}{\text{m}^2} = 16.73 \text{ Psi}$$

La caída de presión en la sala 1 es: **16.73 Psi**

Tabla 23 Resumen de la Caída de Presión en Sala 1

Ítems	D (m)	Vel <sub>f</sub> (m/s)	Re	€/D	f	h <sub>L</sub> (m)	ΔP (Nw/m <sup>2</sup> )	ΔP (Psi)
Tramo AB D = 1"	0.025	4.05	2.5*10 <sup>5</sup>	0.0018	0.023	7.35	115365.6	16.73

Hicimos los mismos pasos anteriores para calcular la caída de presión en las otras tres salas, obteniendo los siguientes resultados:

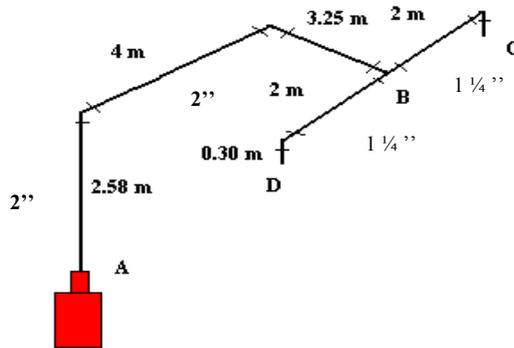


Fig. 23 Esquema del Sistema en Sala 2

Tabla 24 Resumen de la Caída de Presión en Sala 2

Ítems	D (m)	Vel <sub>f</sub> (m/s)	R <sub>e</sub>	ε/D	f	h <sub>L</sub> (m)	ΔP (Nw/m <sup>2</sup> )	ΔP (Psi)
Tramo AB	0.05	3.07	3.9*10 <sup>5</sup>	0.0009	0.024	3.27	51325.92	7.45
Tramo BC	0.032	3.74	3*10 <sup>5</sup>	0.0013	0.0028	0.21	3296.16	0.48
Tramo BD	0.032	3.74	3*10 <sup>5</sup>	0.0013	0.0028	0.21	3296.16	0.48

La caída de presión en la sala 2 es: 7.45 + 0.48 + 0.48 = **8.41 Psi**

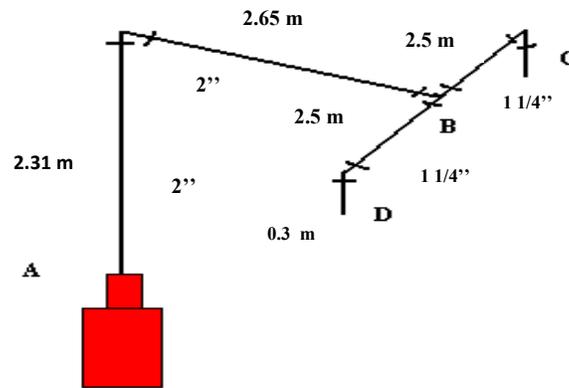


Fig. 24 Esquema del Sistema en Sala 3

Tabla 10 Resumen de la Caída de Presión en Sala 3

Ítems	D (m)	Vel <sub>f</sub> (m/s)	R <sub>e</sub>	ε/D	f	h <sub>L</sub> (m)	ΔP (Nw/m <sup>2</sup> )	ΔP (Psi)
Tramo AB	0.05	2.19	2.8*10 <sup>5</sup>	0.0009	0.021	1.2	18835.2	2.73
Tramo BC	0.032	2.67	2.2*10 <sup>5</sup>	0.0013	0.022	0.95	14911.2	2.16
Tramo BD	0.032	2.67	2.2*10 <sup>5</sup>	0.0013	0.022	0.95	14911.2	2.16

La caída de presión en la sala 3 es:  $2.73 + 2.16 + 2.16 = 7.05 \text{ Psi}$

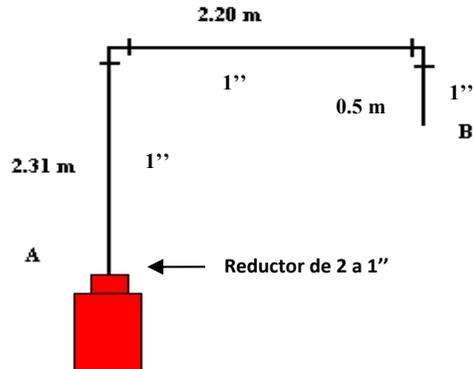


Fig. 25 Esquema del Sistema en Sala 4

Tabla 26 Resumen de la Caída de Presión en Sala 4

Ítems	D (m)	Vel <sub>f</sub> (m/s)	R <sub>e</sub>	ε/D	f	h <sub>L</sub> (m)	ΔP (Nw/m <sup>2</sup> )	ΔP (Psi)
Tramo AB D = 1"	0.025	4.28	2.7*10 <sup>5</sup>	0.0019	0.024	7.03	110342.88	16.01

La caída de presión en la sala 4 es: **16.01 Psi**

Tabla 27 Caída de Presión de Todas las Salas

SALA 1	SALA 2	SALA 3	SALA 4
16.73 psi	8.41 psi	7.05 psi	16.01 psi

De los valores obtenidos anteriormente (ver Tabla 27), determinamos que se cumple el hecho de que en ningún caso la caída de la presión excede los 200 Psi estipulados por la norma a la salida de la boquilla, estos resultados fueron razonables

y esperados, ya que diseñamos sistemas independientes de supresión para cada sala, además los tramos de tuberías son realmente cortos.

También observamos que en las salas donde la distribución de tuberías es mayor, aumento la caída de presión.

En los resultados se aprecia como se demuestra la teoría de la mecánica de fluidos, donde un fluido a medida que aumenta la velocidad aumenta la perdida así como cuando disminuye el diámetro aumenta la velocidad. Por esta razón, en las salas 1 y 4 que se tiene un cambio de diámetro drástico (de 2'' a 1'') en la tubería prácticamente a la salida de la bombona, nos dan caídas de presión altas.

El incremento de la capacidad de la bombona, la bifurcación de dos ramales, y que las tuberías son de diámetros mayor (2'' y 1 1/4'') en las salas 2 y 3, hace que el fluido pierda velocidad produciendo una menor caída de presión en estos sistemas.

### **3.10 Cálculo del Diámetro de los Orificios de Descarga en la Boquilla**

Se diseño el sistema para que tenga boquillas con el patrón de 360°, estas tienen por norma 16 orificios o puertos. Para determinar el valor del diámetro de los orificios y el tiempo real de descarga, se debe correr un programa de análisis hidráulico suministrado por el fabricante, debido que este se reserva la información técnica de cómo calcularlos.

Los datos que se le suministraron al programa para aplicarlo fueron: el factor de corrección atmosférico, las temperaturas máximas y mínimas, la cantidad de agente requerido, los volúmenes totales y ocupados, la medida del tanque nominal, y la distribución de tuberías (con sus medidas, direcciones y todos los accesorios). Esto se realizó para cada sistema individualmente. El programa hace su análisis para comprobar que no exista algún error y nos informa que el sistema es aceptado.

Después de esto, nos da el resultado de los diámetros de los orificios en las boquillas (ver Tabla 28) y el tiempo que dura en descargarse el sistema (ver en ANEXOS las páginas 4 y 5 de los reportes de cada sala).

**Tabla 28 Resultados del Programa de Análisis Hidráulico**

<b>SALA</b>	<b>Diámetro de los Orificios (mm)</b>	<b>Tiempo Final de Descarga (s)</b>
1	3.3	8.6
2	4.7	9.2
3	4	6.6
4	3.7	9.3

### **3.11 Diseño del Sistema de Detección Automático y Alarma**

El sistema de detección y alarma lo diseñamos atendiendo a la normativa de la NFPA 2001 en su parte 4.3.2 donde dice: “que la detección automática se llevara a cabo mediante un método o dispositivo listado, capaz de detectar e indicar la presencia de calor, llamas, humos, vapores combustibles o condiciones a normales de riesgo, tales como desviaciones de proceso que puedan conducir a un incendio”.

Nuestro sistema quedo compuesto básicamente de los siguientes elementos:

- Un Tablero de Control Automático SIMPLEX 4004R.
- Detectores Fotoeléctricos.
- Pulsadores de Activación Manual.
- Pulsadores de Aborto.
- Horn/Strobbos.

Para efectos de la distribución del cableado eléctrico se diseño básicamente bajo la normativa del código eléctrico nacional que para nuestro caso aplica lo siguiente:

- Para las tuberías de 1/2'' de hierro solo deben pasar un máximo de 7 cables #18 AWG TF.
- Para las tuberías de 3/4'' de hierro solo deben pasar un máximo de 13 cables # 18 AWG TF.

Los elementos que compone nuestro sistema de detección pueden visualizarse esquemáticamente y detallar su ubicación en el plano eléctrico normalizado (ver Planos E.1). A continuación se hace una breve descripción de las funciones de cada uno de los elementos que componen el sistema de detección y alarma:

- Tablero Simplex 4004R (ver Apéndice 4 y 5): Es el cerebro del sistema, controla la detección automática, recibe la señal de todos los detectores, tiene la capacidad de disparar en forma autónoma el sistema. Tiene corriente de forma independiente por 24 horas con 2 baterías de 12 voltios cada una. Dispara cualquier dispositivo auxiliar que esté conectado a él como los Horn/Strobos, manda una señal al solenoide de disparo del tanque ante un incendio, puede hacer una llamada de auxilio externa mediante un punto telefónico o emitir una señal de alerta a una conexión LAN, como lo estipula la norma NFPA 71 y NFPA 101. Tiene la capacidad de auto diagnosticarse mediante la activación de una alarma sonora, en caso de que detecte un mal funcionamiento de sí mismo.
- Detectores Fotoeléctricos: Son unos de los mejores periféricos en lo que a sistemas de detección se refiere ya que trabajan bajo el principio de detección de la luz reflejada que ante la presencia de llama o humo reaccionan de forma inmediata emitiendo una señal lo que nos garantiza una pronta extinción de la fuente de ignición con activación del sistema. Se dispusieron en todas las

salas teniendo la precaución de verificar el alcance o rango de cada uno y su ubicación dentro de la sala de modo que no estén cerca de conductos de ventilación o extracción que puedan alterar su buen funcionamiento.

- Pulsadores de Activación Manual: Cuya función es activar manualmente el sistema en caso de falla o avería del sistema de control automático. Se estipula uno en cada sala para tener de opción de activar el sistema de modo independiente.
- Pulsadores de Aborto: Cuya función es evitar un disparo innecesario del sistema. Se colocara uno en cada sala de modo tener la opción de desactivar el sistema ante una posible falsa alarma.
- Horn/Strobbo: Es un difusor de sonido tipo Horn con luz estroboscópica señalizadora. Ubicados en cada sala y otro en una caseta de vigilancia cercana al edificio Nro.1.

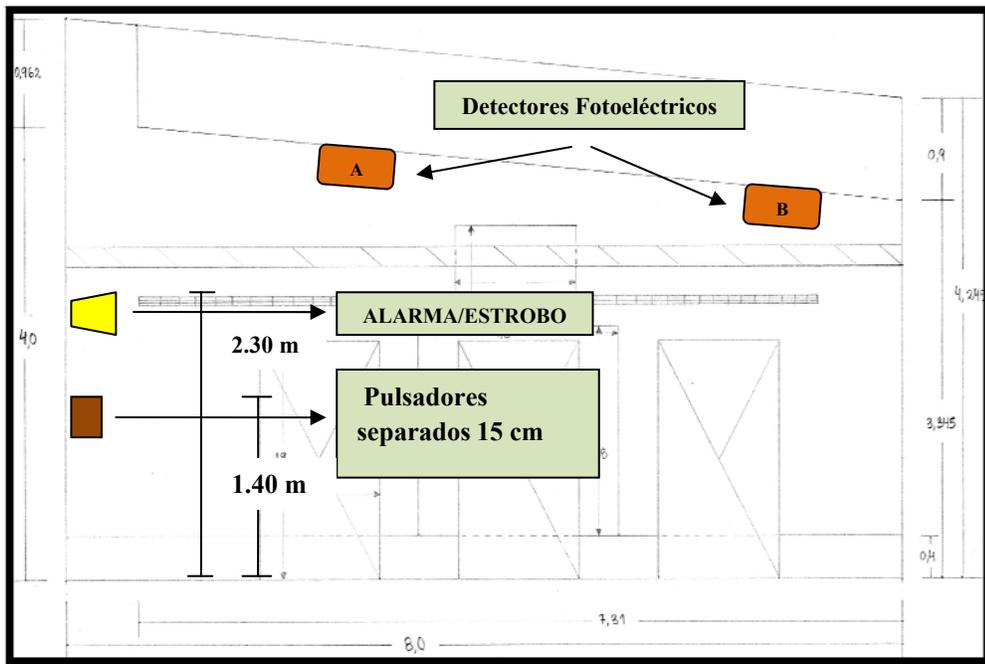
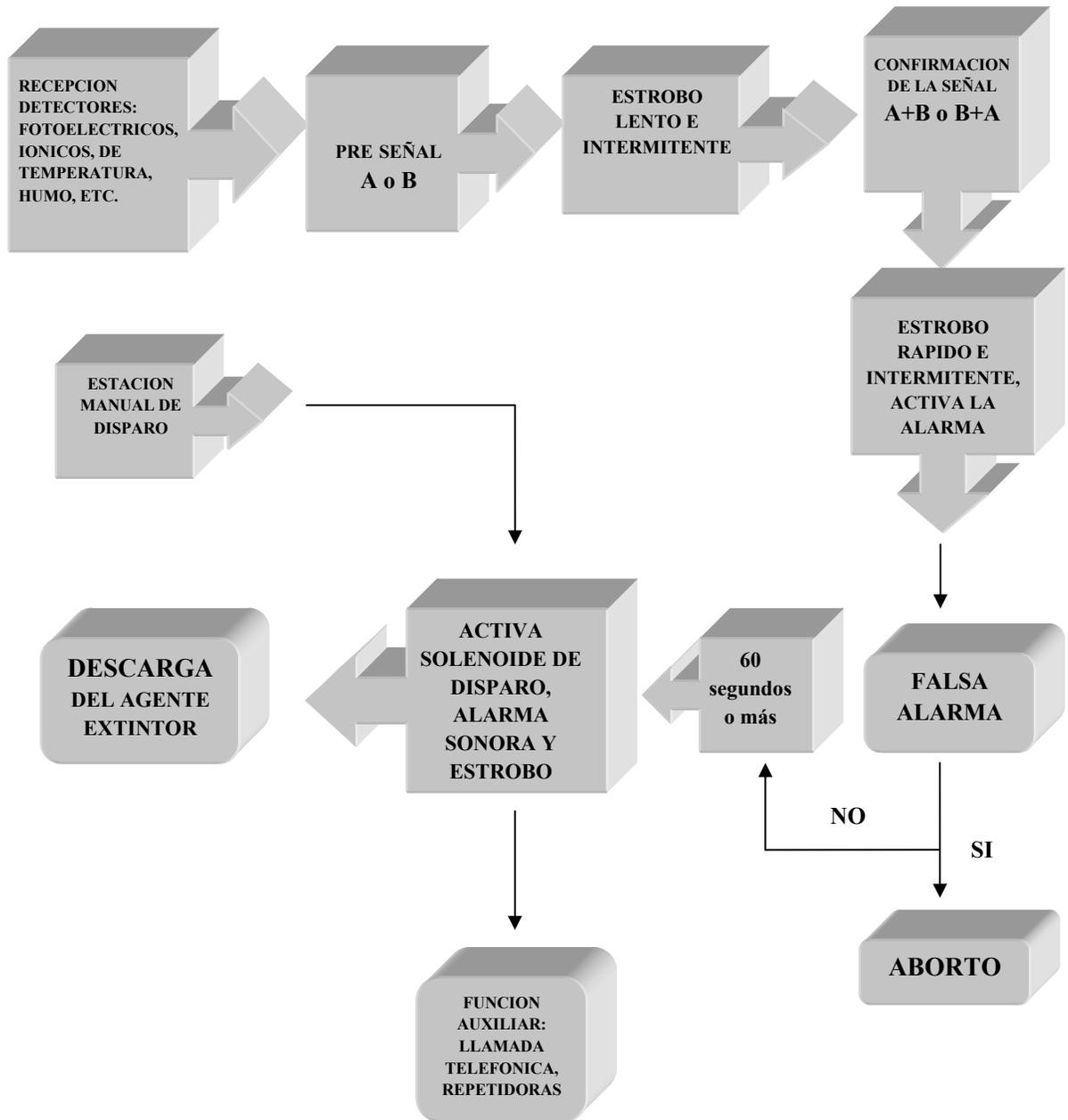


Fig. 26 Ubicación de los Dispositivos del Sistema de Detección y Alarma

Tabla 29 Funcionamiento del Sistema de Detección y Alarma



### 3.12 Medición de Volúmenes en el Edificio Nro.2 (Área de Servidores)

En esta estructura se determinaron dos zonas críticas (ver Tabla 2 y Fig. 16), las cuales tienen servidores, impresoras, módulos de comunicación de PC, cables de conexión etc. Los volúmenes de estas áreas son los siguientes:

Cubículo 1, medidas alto 2.4 m, largo 2.8 m, profundidad 2.6 m.

Cálculo del volumen total:  $V_{cubiculo\ 1} = 2.4 * 2.8 * 2.6 = 17.44\ m^3$

Volumen ocupado en el cubículo 1: tiene un gabinete de ancho 0.8 m, profundidad 0.45 m, alto 1.85 m, un servidor de alto 1.8 m, ancho 2.3 m, y profundidad 0.7 m.

Volumen del gabinete:  $V_{gabinete} = 0.8 * 0.45 * 2.3 = 0.66\ m^3$

Volumen de servidores:  $V_{servidor} = 1.8 * 0.7 * 2.3 = 2.89\ m^3$

Volumen total ocupado:  $V_{ocupadocubiculo\ 1} = 0.66 + 2.898 = 3.56\ m^3$

Volumen neto o reducido:  $V_{reducidocubiculo1} = 17.44 - 3.56 = 13.90\ m^3$

Cubículo 2, medidas alto 2.4 m, largo 2.6 m, profundidad 1.1 m.

Cálculo del volumen total:  $V_{cubiculo2} = 2.4 * 2.6 * 1.1 = 6.86\ m^3$

Volumen ocupado en el cubículo 2: tiene un servidor de alto 2 m, largo 0.9 m, ancho 0.6 m, un servidor de alto 2 m, largo 0.5 m, 0.4 m.

Volumen del servidor 1:  $V_{servidor\ 1} = 2 * 0.9 * 0.6 = 1.08\ m^3$

Volumen del servidor 2:  $V_{servidor\ 2} = 2 * 0.5 * 0.4 = 0.40\ m^3$

Volumen total ocupado:  $V_{ocupadocubiculo2} = 1.08 + 0.40 = 1.48\ m^3$

Volumen neto o reducido:  $V_{reducidocubiculo2} = 6.86 - 1.48 = 5.38\ m^3$

Volumen total neto o reducido en ambos cubículos es:

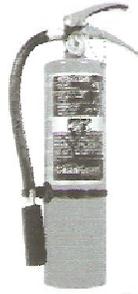
$$V_{total\ reducido\ cubiculo} = 13.90 + 5.38 = 19.28\ m^3$$

**Tabla 30 Volúmenes Neto de las Zonas Críticas del Edificio Nro.2**

<b>Edificio 2 (cubículos)</b>	<b>Volumen Reducido (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen Reducido (ft<sup>3</sup>)</b>
Cubículo 1	13.90	490.10
Cubículo 2	5.38	190
<b>Total</b>	<b>19.28</b>	<b>680.1</b>

Como podemos observar en los resultados, el volumen de la zona a proteger del edificio Nro.2 es muy pequeña (19.28 m<sup>3</sup>), además los pocos equipos que tienen allí no son tan costosos y ni de extrema importancia. Por esta razón se decidió colocar un sistema portátil de extinción, donde sugerimos el extintor de agente limpio CLEANGUARD FE-36, de capacidad de 9.5 lb y peso neto 10 kilos, el cual tiene un alcance efectivo de 4.9 m y tiempo de descarga 9,5 segundos (ver Fig. 27).

Fig. 27 Especificaciones de los Diferentes Modelos de Extintores FE-36

ESPECIFICACIONES				
CLEANGUARD Extintores				
				
	002700	002705	002706	002707
<b>Modelo</b>	FE02VB	FF05	FE09	FE13
<b>Ext. Pieza N.º (UL)</b>	429107	429020	429021	429022
<b>Ext. Pieza N.º (ULC)</b>	429596	429597	429598	429599
<b>SopORTE pieza Nº</b>	24610 – (Incluido)	429146	422737	30937
<b>Capacidad de agente (DuPont FE-36)</b>	2,5 lb. (1,1 kg)	4,75 lb. (2,2 kg)	9,5 lb. (4,3 kg)	13,25 lb. (6 kg)
<b>Peso cargado</b>	5,0 lb. (2,3 kg)	9,5 lb. (4,3 kg)	21,81 lb. (9,9 kg)	25,63 lb. (11,63 kg)
<b>Tiempo de descarga</b>	9,0 segundos	8,6 segundos	9,5 segundos	13,5 segundos
<b>Caudal de agente</b>	0,30 lb/s (0,14 kg/s)	0,60 lb/s (0,27 kg/s)	1,15 lb/s (0,52 kg/s)	1,12 lb/s (0,51 kg/s)
<b>Listados/Homologaciones</b>	UL/ULC	UL/ULC/FAA/USCG	UL/ULC/FAA/USCG	UL/ULC/FAA/USCG
<b>USCG (Clasificación marina)</b>	—	Tipo B:C, Tamaño I	Tipo B:C, Tamaño I	Tipo B:C, Tamaño I
<b>Clasificación UL/ULC</b>	2-B:C	5-B:C	1-A:10-B:C	2-A:10-B:C
<b>Alcance efectivo</b>	8-10 ft. (2,4-3,1 m)	10-12 ft. (3,1-3,7 m)	14-16 ft. (4,3-4,9 m)	14-16 ft. (4,3-4,9 m)
<b>Dimensiones</b>				
<b>Altura</b>	14 1/4" (362 mm)	17" (432 mm)	18 3/4" (476 mm)	22 1/2" (572 mm)
<b>Anchura</b>	5 3/4" (148 mm)	8 1/2" (216 mm)	9" (229 mm)	9 1/2" (241 mm)
<b>Profundidad</b>	3 3/8" (86 mm)	4 7/16" (113 mm)	7" (178 mm)	7" (178 mm)
<b>Capacidad de supresión de incendios</b>				
<b>Panel UL Clase A</b>	N/A	N/A	8 ft. x 8 ft. (2,4 m x 2,4 m) Panel	10 ft. x 10 ft. (3,1 m x 3,1 m) Panel
<b>Operador novel* Clase B</b>	2 ft² (0,19 m²)	5 ft² (0,47 m²)	10 ft² (0,93 m²)	10 ft² (0,93 m²)
<b>Operador experimentado Clase B</b>	5 ft² (0,47 m²)	12,5 ft² (1,2 m²)	25 ft² (2,3 m²)	25 ft² (2,3 m²)

\* Underwriters Laboratories denomina "operador novel" a aquel con poca o ninguna experiencia en el manejo de un extintor.  
Requisito de prueba hidrostática: Cada 12 años (todos los modelos)

A continuación hacemos la recomendación de donde se debe colocar el extintor de agente CLEANGUARD FE-36 en las instalaciones del edificio Nro.2, para facilitar su ubicación en caso de algún siniestro de incendio (ver Fig. 28).

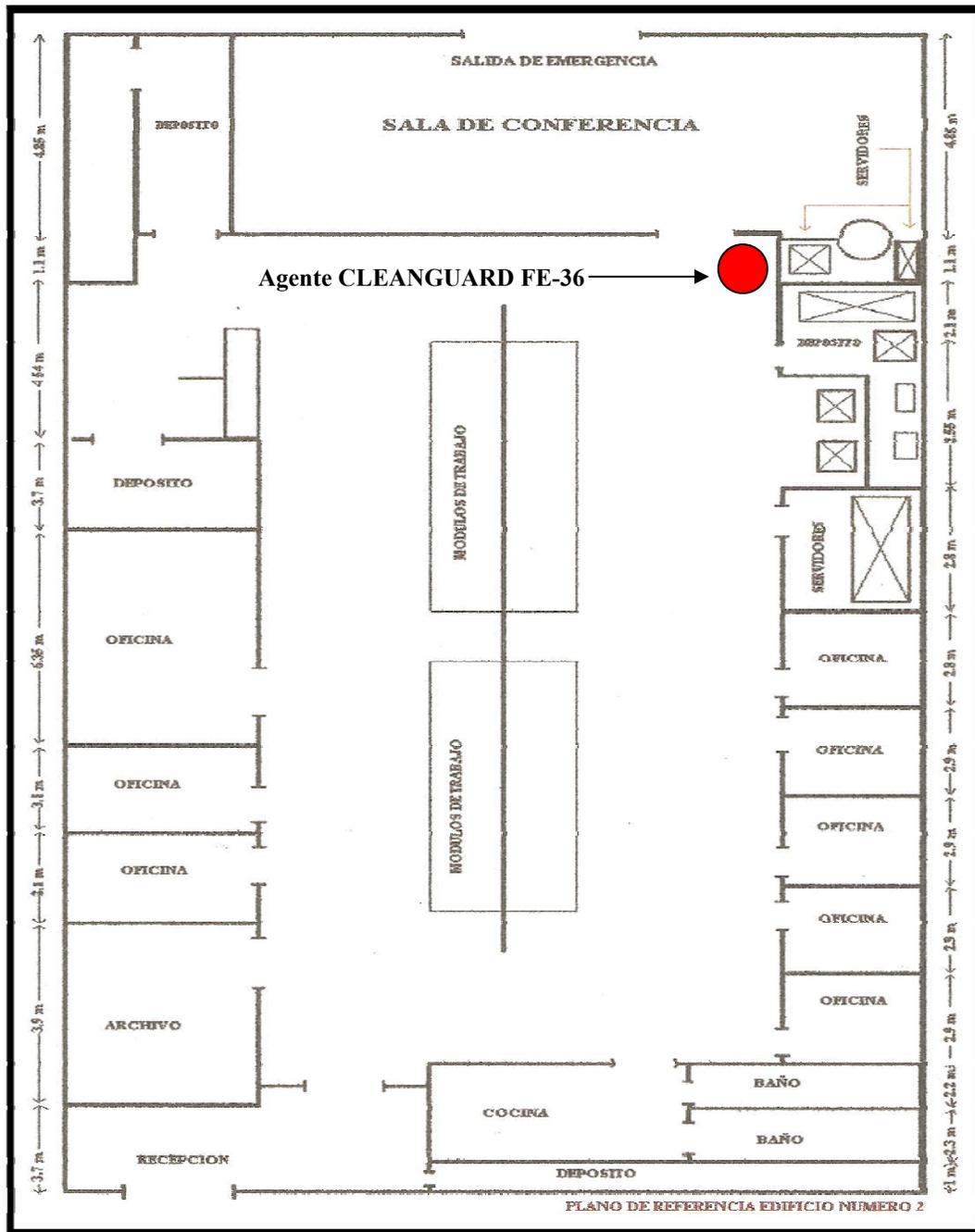


Fig. 28 Ubicación del Extintor de Agente CLEANGUARD FE-36

## **CAPÍTULO IV**

### **ELABORACIÓN DE PLANOS**

En este capítulo nos dedicamos a realizar el levantamiento de los planos mecánicos y eléctricos, representando como van configurados los sistemas por zonas individuales y en conjunto. También demostramos en forma esquemática, como es el funcionamiento del sistema de detección y alarma. A continuación enumeramos cada plano, vista y esquema, de la siguiente forma:

4.1 Plano mecánico referencial, muestra las ubicaciones de las bombonas y la distribución de las tuberías en cada una de las salas a proteger del edificio Nro.1, con una vista de planta.

4.2 Vistas isométricas de cada una de las salas, nos muestra la ubicación de los tanques nominales, tuberías, boquillas etc.

4.3 Plano eléctrico referencial, muestra la ubicación de los dispositivos del sistema de detección y alarma en cada una de las salas a proteger del Edificio Nro.1, con una vista de planta.

4.4 Plano de Planta del Sistema Mecánico Normalizado (M1).

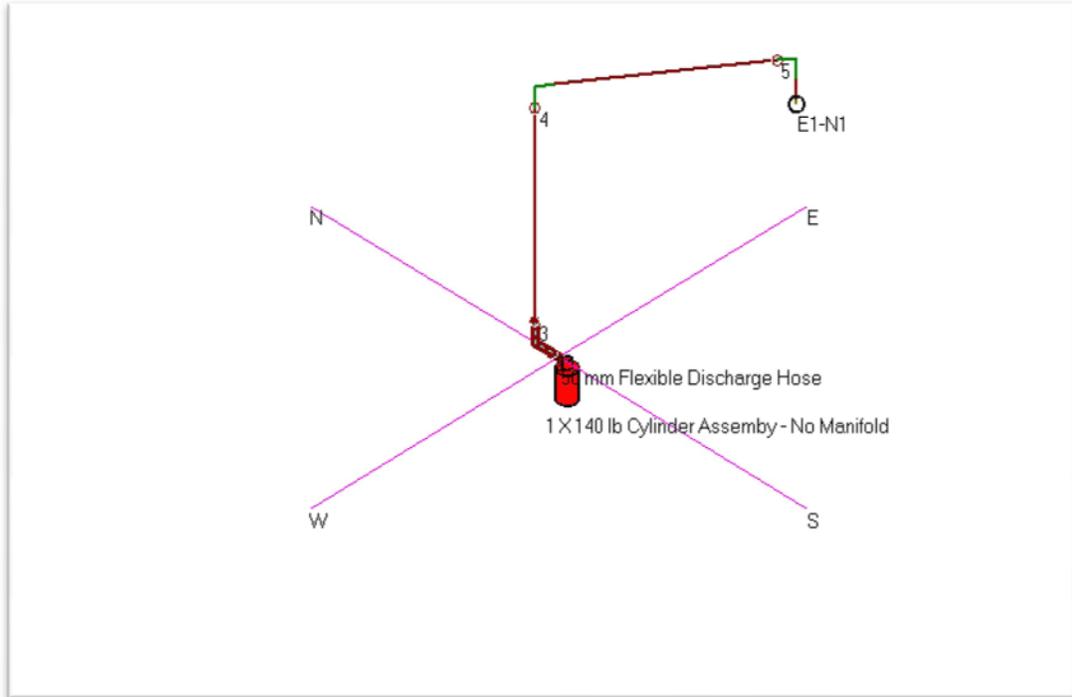
4.5 Plano Isométrico del Sistema Mecánico (M2).

4.6 Plano de Planta del Sistema Eléctrico Normalizado (E1).

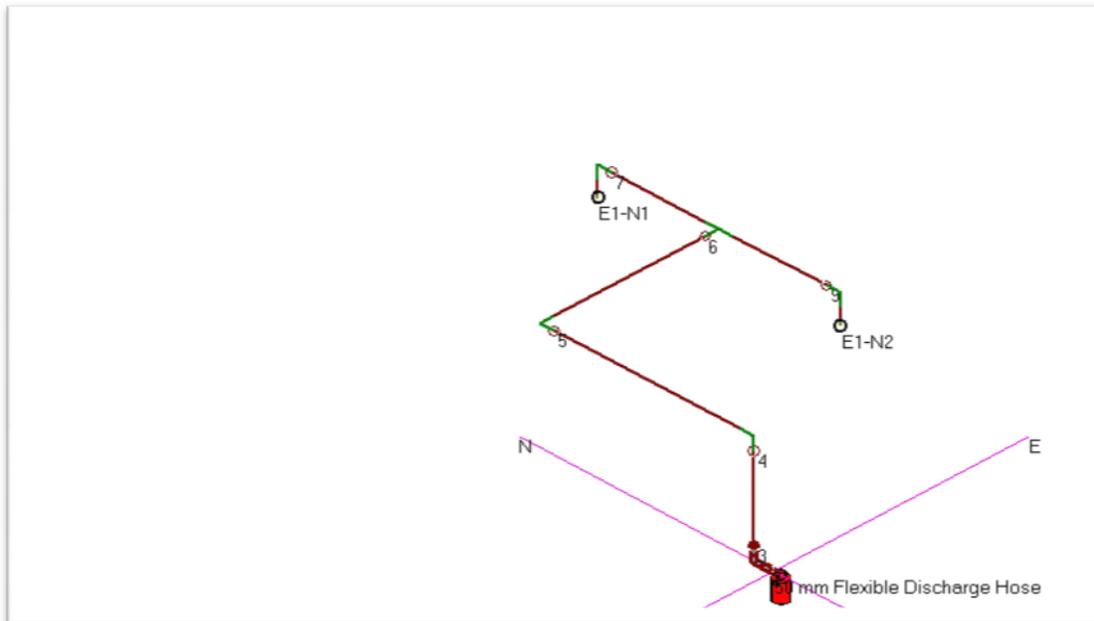


## 4.2 Vistas Isométricas de las Salas a Proteger del Edificio Nro.1

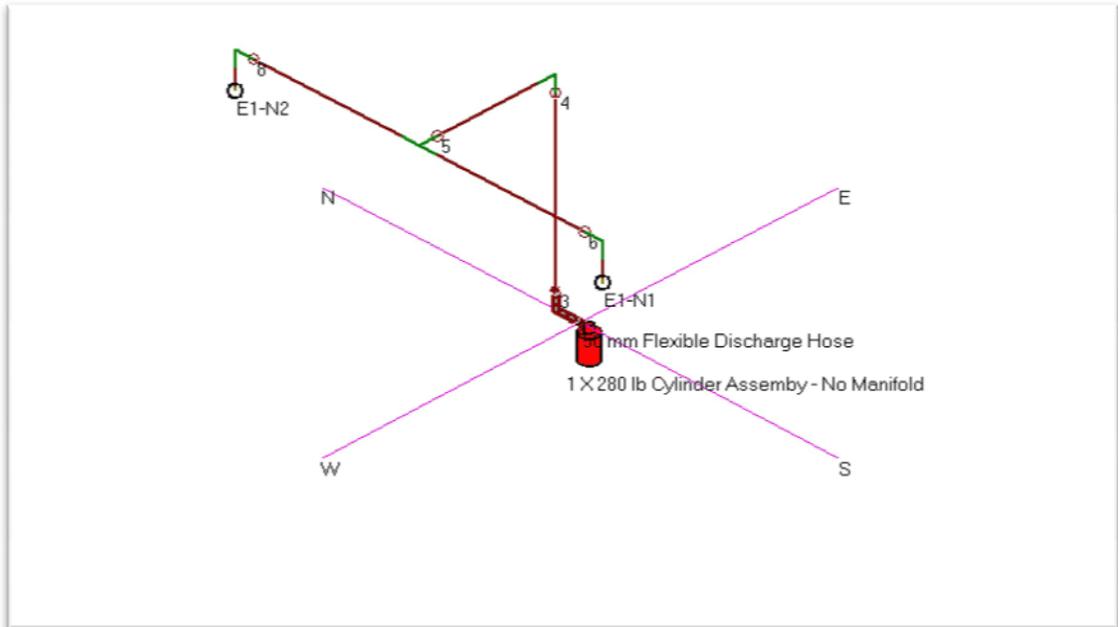
### 4.2.1 Vista isométrica sala 1



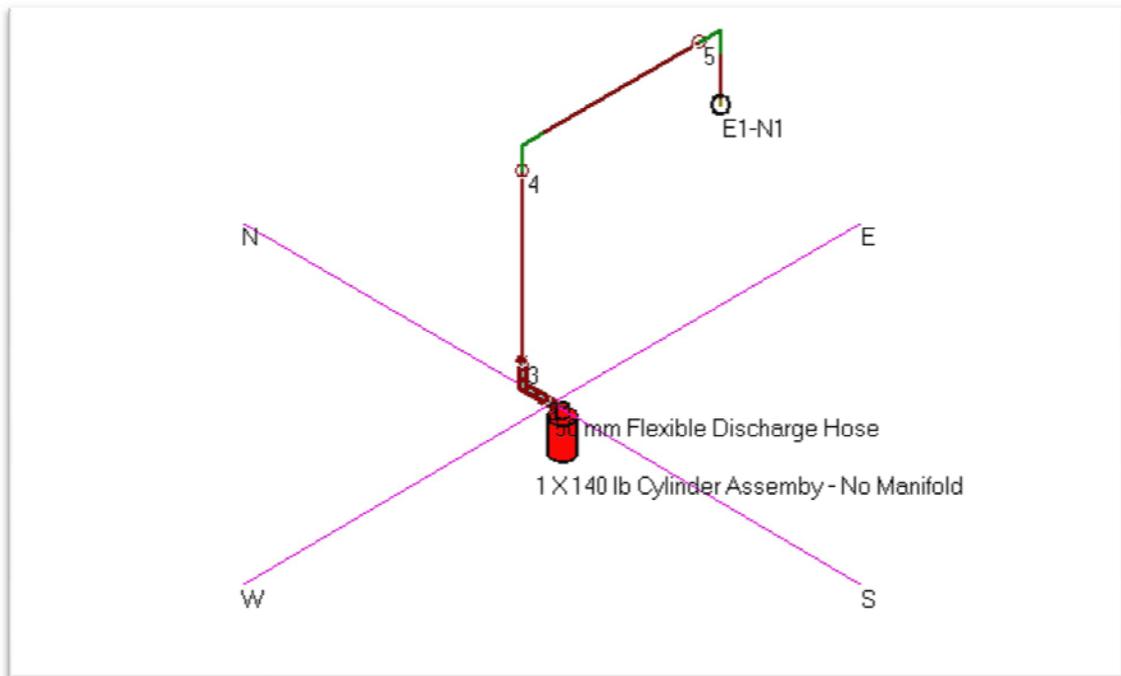
### 4.2.2 Vista isométrica sala 2

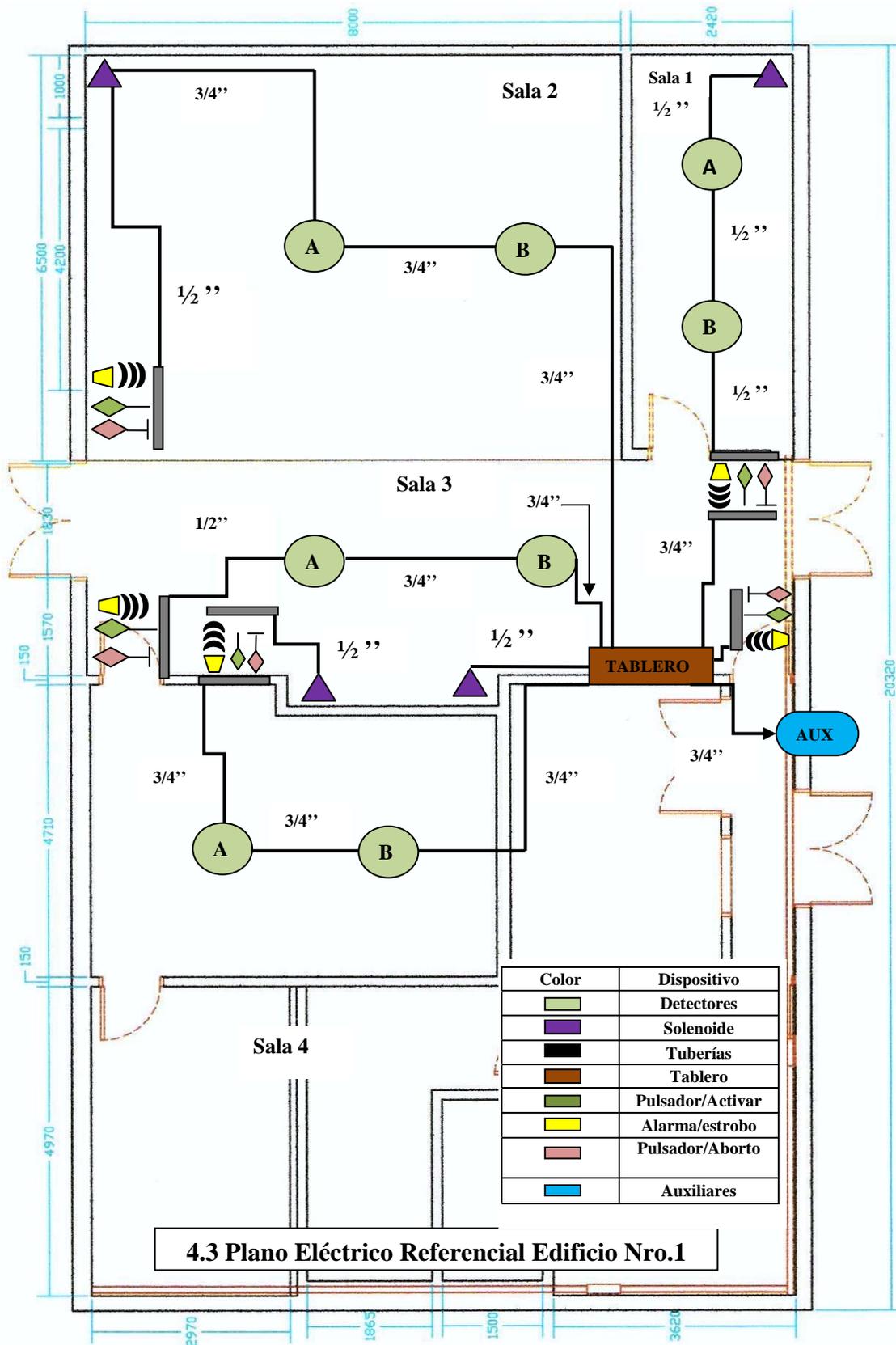


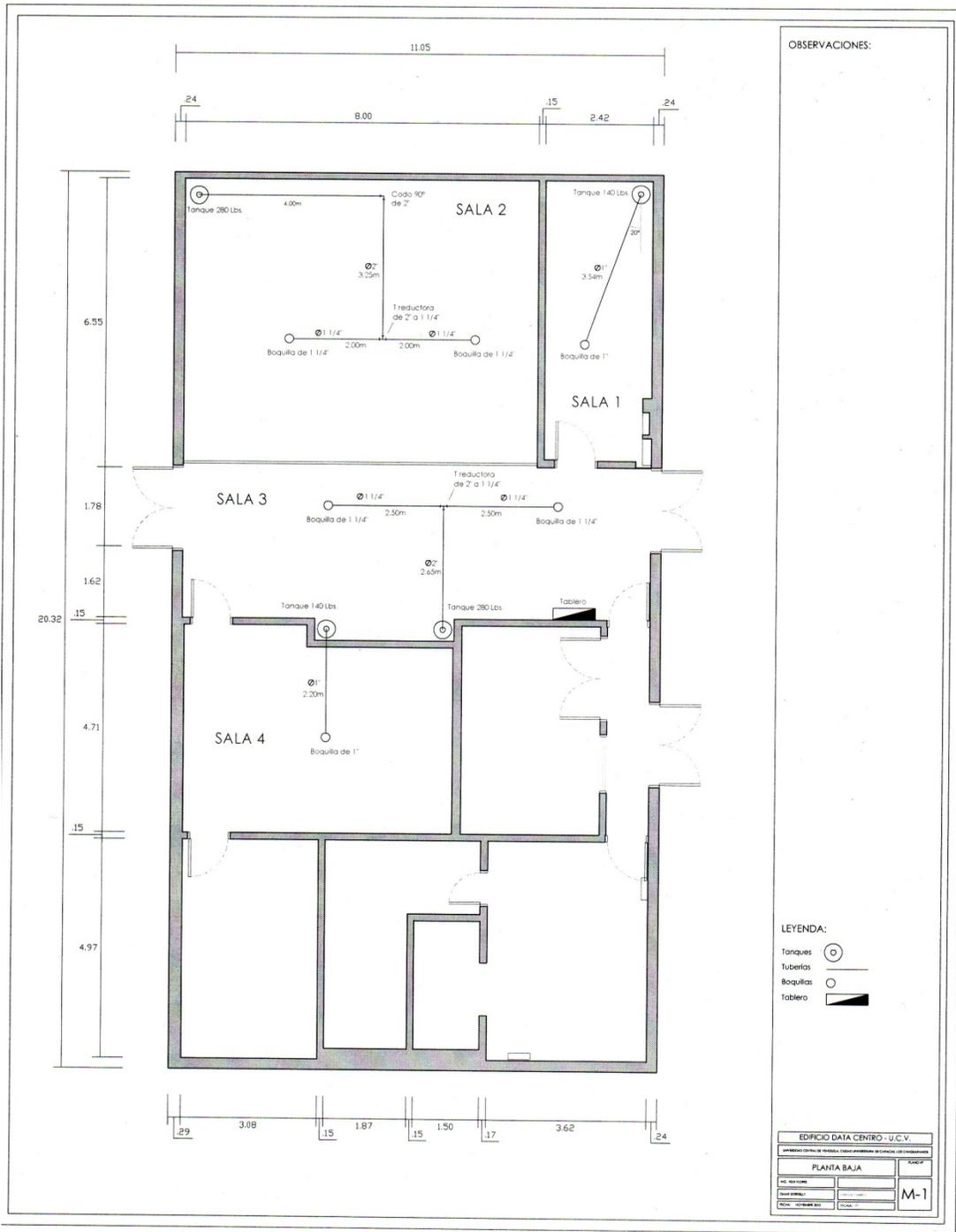
4.2.3 Vista isométrica sala 3



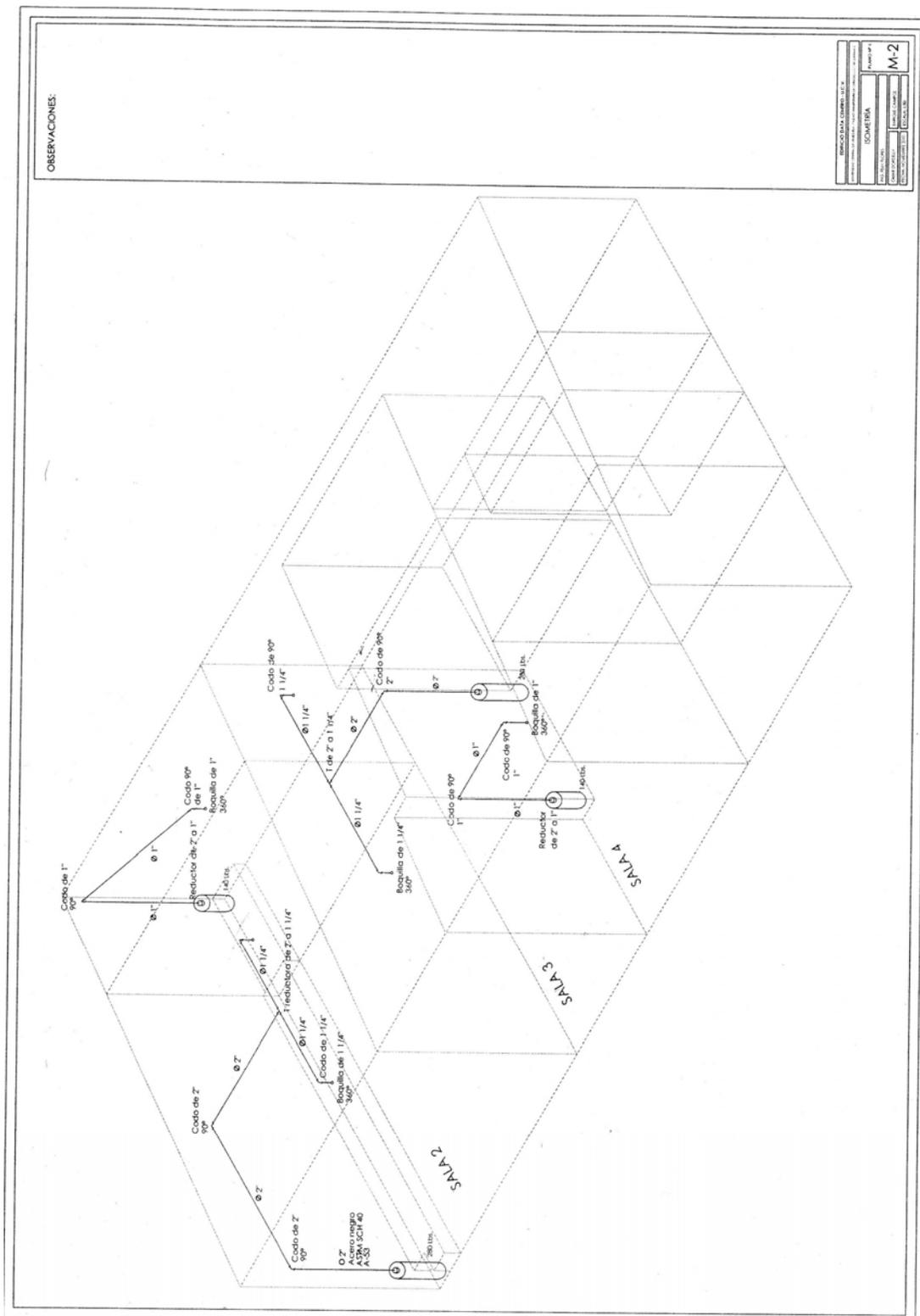
4.2.4 Vista isométrica Sala 4



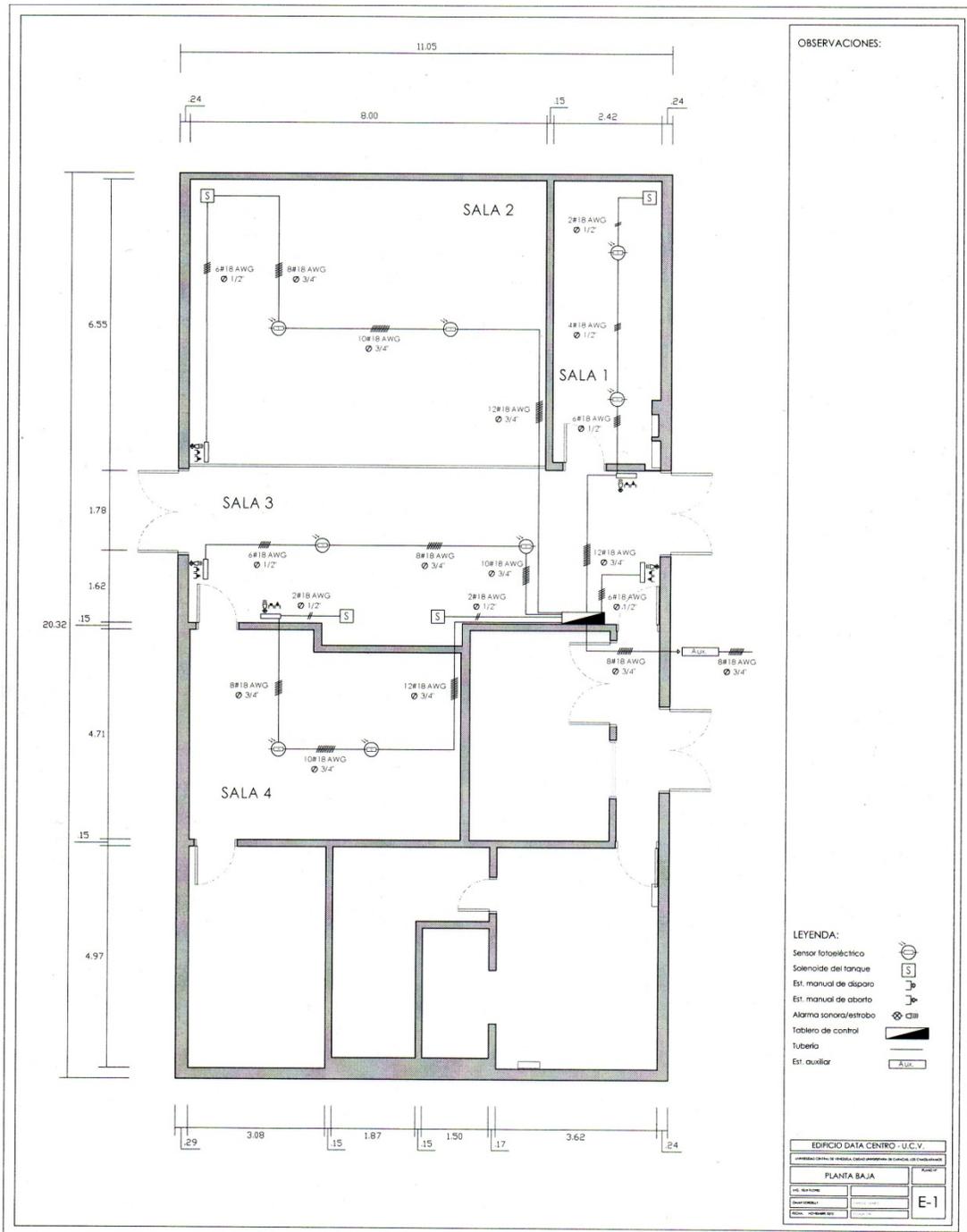




4.4 Plano de Planta del Sistema Mecánico Normalizado (M1)



4.5 Plano Isométrico del Sistema Mecánico (M2)



4.6 Plano de Planta del Sistema Eléctrico Normalizado (E1)

## **CAPÍTULO V**

### **ESTIMACIÓN DE COSTOS Y PRESUPUESTOS**

Realizamos una serie de tablas tipo inventario, donde se especifican todos los componentes y dispositivos, tanto mecánicos como eléctricos, con sus respectivas cantidades y precios en dólares, y damos la equivalencia a bolívares fuertes, obteniendo la totalidad del costo para cada una de las salas.

Por último, en un cuadro general se colocaron esos totales, mas el precio del extintor del edificio Nro.2, y se determinó el presupuesto final estimado del sistema de protección contra incendios completo.

A continuación observamos cómo se enumeraron las tablas y cuadros:

5.1 Cálculo de los costos mecánicos por sala, que incluye la cantidad de agente, tanque, tuberías, accesorios de tuberías, boquillas, etc.

5.2 Costos estimados de insumos eléctricos nacionales.

5.3 Cálculos de los costos del sistema de detección y alarma, incluye cableados, tubería eléctrica, cajetines de conexión, empotramientos etc.

5.4 Presupuesto total estimado.

## 5.1 Cálculo de los Costos Mecánicos por Sala

<b>Presupuesto Estimado Para Sala 1 Edificio Nro. 1 "Data Centro"</b>				
<b>Partes o piezas mecanicas</b>			<b>Precio</b>	
<b>Cantidad</b>	<b>Parte #</b>	<b>Master Tank</b>	<b>unitario (\$)</b>	<b>subtotal (\$)</b>
1	570638	140 Lbs. Tank and valve assembly especific (58-138 Lbs.)	2526,00	2526,00
70		Novec 1230 Fluid Facturi Fill Per Lbs	31,40	2198,00
1	570537	Electric Actuator Shiping assembly	473,00	473,00
1	570549	Local manual Actuator	144,00	144,00
1	570538	2'' Flexible Discharge Hose	477,00	477,00
1	46250	Pressure switch-dpts	353,00	353,00
1	570092	Tank Braket assembly	85,00	85,00
1	570604	1'' Nozzle Brass-360 degree	146,00	146,00
1	570580	Warning Plate for use outside room	24,00	24,00
1	570581	Warning Plate for use inside room	28,50	28,50
		sub total en dolares	\$	6454,50
		en bolivares mas la nacionalizacion	sub total	82617,60
1		Tuberia de acero negro ASTM A-53 SCH 40 1'' (6 metros)	400,00	400,00
2		Codos de 90° 1'' (unidades)	40,00	80,00
6		Roscas	12,00	72,00
1		Reductor de 2'' a 1''	25,00	25,00
7		fijadores	7,00	49,00
1		barilla roscada	25,00	25,00
			<b>Total=</b>	<b>83268,60</b>

<b>Presupuesto Estimado Para Sala 2 Edificio Nro. 1 "Data Centro"</b>				
<b>Partes o piezas mecanicas</b>			<b>Precio</b>	
<b>Cantidad</b>	<b>Parte #</b>	<b>Master Tank</b>	<b>unitario (\$)</b>	<b>subtotal (\$)</b>
1	570639	280 Lbs. Tank and valve assembly especify (116-280 Lbs.)	2681,00	2681,00
212		Novec 1230 Fluid Facturi Fill Per Lbs	31,40	6656,80
1	570537	Electric Actuator Shiping assembly	473,00	473,00
1	570549	Local manual Actuator	144,00	144,00
1	570538	2'' Flexible Discharge Hose	477,00	477,00
1	46250	Pressure switch-dpts	353,00	353,00
1	570092	Tank Braket assembly	85,00	85,00
2	570605	1¼'' Nozzle Brass-360 degree	153,00	306,00
1	570580	Warning Plate for use outside room	24,00	24,00
1	570581	Warning Plate for use inside room	28,50	28,50
		sub total en dolares	\$	11228,30
		en bolivares mas la nacionalizacion	sub total	143722,24
2		Tuberia de acero negro ASTM A-53 SCH 40 2'' (6 metros)	800,00	1600,00
1		Tuberia de acero negro ASTM A-53 SCH 40 1 1/4'' (6 metros)	600,00	600,00
2		Codos de 90° 2'' (unidades)	60,00	120,00
1		Te reductora de 2'' a 1 1/4'' (unidades)	60,00	60,00
2		Codos de 90° 1 1/4'' (unidades)	50,00	100,00
14		Roscas	12,00	168,00
12		Fijadores	7	84,00
2		barillas roscadas	25	50,00
			<b>Total</b>	<b>146504,24</b>

<b>Presupuesto Estimado Para Sala 3 Edificio Nro. 1 "Data Centro"</b>				
<b>Partes o piezas mecanicas</b>			<b>Precio</b>	
<b>Cantidad</b>	<b>Parte #</b>	<b>Master Tank</b>	<b>unitario</b>	<b>subtotal</b>
1	570639	280 Lbs. Tank and valve assembly especificy (116-280 Lbs.)	2681,00	2681,00
151		Novec 1230 Fluid Facturi Fill Per Lbs	31,40	4741,40
1	570537	Electric Actuator Shiping assembly	473,00	473,00
1	570549	Local manual Actuator	144,00	144,00
1	570538	2'' Flexible Discharge Hose	477,00	477,00
1	46250	Pressure switch-dpts	353,00	353,00
1	570092	Tank Braket assembly	85,00	85,00
2	570605	1¼'' Nozzle Brass-360 degree	153,00	306,00
1	570580	Warning Plate for use outside room	24,00	24,00
1	570581	Warning Plate for use inside room	28,50	28,50
		sub total en dolares	\$	9312,90
		en bolivares mas la nacionalizacion		119205,12
1		Tuberia de acero negro ASTM A-53 SCH 40 2'' (6 metros)	800,00	800,00
1		Tuberia de acero negro ASTM A-53 SCH 40 1 1/4'' (6 metros)	600,00	600,00
1		Te de 2'' a 1 1/4'' (unidades)	60,00	60,00
2		Codos de 90° 1 1/4'' (unidades)	50,00	100,00
1		Codos de 90° 2'' (unidades)	60,00	60,00
6		Roscas	12,00	72,00
12		Fijadores	7,00	84,00
2		Barillas roscadas	25,00	50,00
		<b>Total</b>		<b>121031,12</b>

<b>Presupuesto Estimado Para Sala 4 Edificio Nro. 1 "Data Centro"</b>				
<b>Partes o piezas mecanicas</b>			<b>Precio</b>	
<b>Cantidad</b>	<b>Parte #</b>	<b>Master Tank</b>	<b>unitario (\$)</b>	<b>subtotal (\$)</b>
1	570638	140 Lbs. Tank and valve assembly especificy (58-138 Lbs.)	2526,00	2526,00
74		Novec 1230 Fluid Facturi Fill Per Lbs	31,40	2323,60
1	570537	Electric Actuator Shiping assembly	473,00	473,00
1	570549	Local manual Actuator	144,00	144,00
1	570538	2'' Flexible Discharge Hose	477,00	477,00
1	46250	Pressure switch-dpts	353,00	353,00
1	570085	Tank Braket assembly	76,00	76,00
1	570604	1'' Nozzle Brass-360 degree	146,00	146,00
1	570580	Warning Plate for use outside room	24,00	24,00
1	570581	Warning Plate for use inside room	28,50	28,50
		sub total en dolares	\$	6571,10
		en bolivares mas la nacionalizacion		84110,08
1		Tuberia de acero negro ASTM A-53 SCH 40 1'' (6 metros)	400,00	400,00
2		Codos de 90° 1'' (unidades)	40,00	80,00
1		Reductor de 2'' a 1''	25,00	25,00
6		Roscas	12,00	72,00
8		Fijadores	7,00	56,00
1		barilla roscada	25,00	25,00
		<b>Total</b>		<b>91339,18</b>

## 5.2 Costo Estimado de Insumos Eléctricos Nacionales

Resumen de cableado, tuberías y accesorios eléctricos del edificio 1.									
Accesorio		Sala 1	Sala 2	Sala 3	Sala 4	Metros /unidad		BsF	subtotal (BF)
cables (metros)	negro (neutro)	61,80	160,00	72,00	80,00	373,80	m	1,00	373,80
	rojo (tanque)	17,00	23,00	9,00	19,00	68,00	m	1,00	68,00
	amarillo (Sensor A)	11,00	15,00	9,00	11,00	46,00	m	1,00	46,00
	azul (Sensor B)	7,00	19,00	5,00	7,00	38,00	m	1,00	38,00
	verde (Horn/Estrobo)	6,40	33,00	15,00	13,00	67,40	m	1,00	67,40
	gris (Pulsador aborto)	7,00	35,00	17,00	15,00	74,00	m	1,00	74,00
	blanco (Pulsador de activación)	7,00	35,00	17,00	15,00	74,00	m	1,00	74,00
Tuberías	1/2'' (m)	14,00	13,00	27,00	5,00	59,00	m	15,00	885,00
	3/4'' (m)	5,00	24,00	10,00	16,00	55,00	m	23,00	1265,00
ángulos	1/2'' (m)	2,00	4,00	2,00	1,00	9	u	3,50	31,50
	3/4'' (m)	2,00	4,00	2,00	3,00	11	u	6,00	66,00
anillos	varios	5,00	5,00	5,00	5,00	20	u	2,00	40,00
cajetines	varios	5,00	5,00	5,00	5,00	20	u	10,00	200,00
guías	varios	10,00	10,00	10,00	10,00	40	u	5,00	200,00
Cable aux.						120,00	m	1,00	120,00
								Total	3548,70

## 5.3 Cálculos de los Costos del Sistema de Detección y Alarma

<b>Presupuesto Eléctrico de todas las salas del Edificio Nro. 1 "Data Centro"</b>				
<b>Cantidad</b>	<b>Parte #</b>	<b>Partes o piezas eléctricas</b>	<b>Precio</b>	
			<b>unitario</b>	<b>subtotal</b>
8	33397	Detectores fotoeléctricos (\$)	640,00	5120,00
5	33346	Pulsadores de disparo (\$)	460,00	2300,00
5	33704	Pulsadores de aborto (\$)	3010,00	15050,00
12	33097	Horn/strobbo 24 VCD 15CD rojo Truealert (\$)	1370,00	16440,00
1	33041	Tablero auto pulse 4004R (\$)	11930,00	11930,00
		sub total en dólares	\$	50840,00
		en bolívares mas la nacionalización		650752,00
59	Nacional	Tubería de 1/2" 15 BF	15,00	885,00
55	Nacional	Tubería de 3/4" 23 BF	23,00	1265,00
9	Nacional	Angulo de 90° 1/2" 3,5 BF	3,50	31,50
11	Nacional	Angulo de 90° 3/4" 6 BF	6,00	66,00
10	Nacional	Anillos de 1/2" 2 BF	2,00	20,00
10	Nacional	Anillos de 3/4" 2 BF	2,00	20,00
20	Nacional	Cajas de paso 10 BF	10,00	200,00
40	Nacional	Guía para tubos 5 BF	5,00	200,00
947	Nacional	Cables 18 AWG TF (7 colores diferentes) 10 % adicional	1,00	947,00
			<b>Total BsF</b>	<b>654386,50</b>

## 5.4 Presupuesto Total Estimado

<b>PRESUPUESTO TOTAL ESTIMADO</b>		
<b>EDIFICIO NUMERO 1</b>		<b>Precio ( BsF)</b>
<b>SALA 1</b>	<b>Mecànico</b>	<b>83268,60</b>
	<b>Mano de obra</b>	<b>28000,00</b>
<b>SALA 2</b>	<b>Mecànico</b>	<b>146504,24</b>
	<b>Mano de obra</b>	<b>39000,00</b>
<b>SALA 3</b>	<b>Mecànico</b>	<b>121031,12</b>
	<b>Mano de Obra</b>	<b>35300,00</b>
<b>SALA 4</b>	<b>Mecànico</b>	<b>91339,18</b>
	<b>Mano de obra</b>	<b>36000,00</b>
<b>EDIFICIO NUMERO 2</b>	<b>Extintor FE-36</b>	<b>5300,00</b>
<b>Presupuesto elèctrico total</b>		<b>654386,50</b>
<b>TOTAL</b>		<b>1240129,64</b>

## CONCLUSIÓN

Los objetivos específicos fueron alcanzados exitosamente, llegando a un diseño final del sistema completo de protección con incendio para la Dirección de Tecnología, Información y Comunicación de la UCV.

De los diferentes métodos de análisis de riesgo de incendios, el Meseri resultó ser el más objetivo y preciso, ya que a partir de un cuestionario de inspección sencillo y bien estructurado, se obtiene un mejor resultado.

El sistema de supresión SAPPHIRE es una de las mejores tecnologías en lo que ha extinción de incendios se refiere, este trabaja con el NOVEC 1230 uno de los agentes más ecológicos de la actualidad, teniendo cero impacto sobre la capa de ozono y el efecto invernadero.

Debido a que en la Dirección de Tecnología, Información y Comunicación, el área a proteger es pequeña, con pocos equipos y no se encuentra totalmente cerrada, entonces no amerita un sistema fijo de extinción pero sí necesita un sistema portátil eficaz, donde se eligió el extintor de agente limpio CLEANGUARD FE-36.

Para los diámetros de los orificios en las boquillas y los tiempos de descarga, sólo se pueden determinar mediante un programa de análisis hidráulico, debido a que el fabricante del sistema de supresión SAPPHIRE se reserva la información técnica.

El costo total de la ejecución del proyecto es bastante elevado, incluye todos los equipos, accesorios y mano de obra requerida, está por el orden de 1.240.129,64 BsF. Pero si tomamos en cuenta que la información que allí se resguarda es muy valiosa, y lo comparamos con lo que se invirtió en reparar los daños causados en el último sabotaje al rectorado, entonces dicha inversión es justificable.

## RECOMENDACIONES

- Hacer del conocimiento de este proyecto a las autoridades de la Universidad Central de Venezuela para su puesta en marcha a la mayor brevedad posible.
- Instalar una señal de enlace para que alerte directamente a los bomberos universitarios, bien por una alarma auxiliar, vía telefónica o a través de una conexión LAN, en caso que se presente algún incidente de incendio.
- Colocar un Horn/Strobbo en la parte externa al edificio Nro.1 (Data Centro), aunque esto represente una alteración de su fachada o mural.
- Implementar controles de acceso al edificio Nro.1 para evitar una activación errónea o equivocada del sistema, ya que reponer el agente representa un gasto muy elevado.
- Dictar charlas de formación a las personas que estén constantemente dentro de las áreas a resguardar y sus cercanías (vigilante, empleados, etc.), de modo que tengan conocimientos sobre cómo funciona el sistema de supresión.
- Mantener las salas a proteger completamente aisladas, con las puertas siempre cerradas para que el ambiente este casi hermético, y así se garantice la efectividad del sistema por inundación total.
- Verificar el funcionamiento del aire acondicionado que refrigera la sala 4, ya que la temperatura promedio en esa sala es de 23.5°C la cual es muy alta, la misma debe ser de 19-21°C. Si se corrige esto abría que modificar la cantidad de gas en el diseño.
- Realizar pruebas eventuales para certificar el correcto funcionamiento del sistema de detección y alarma.

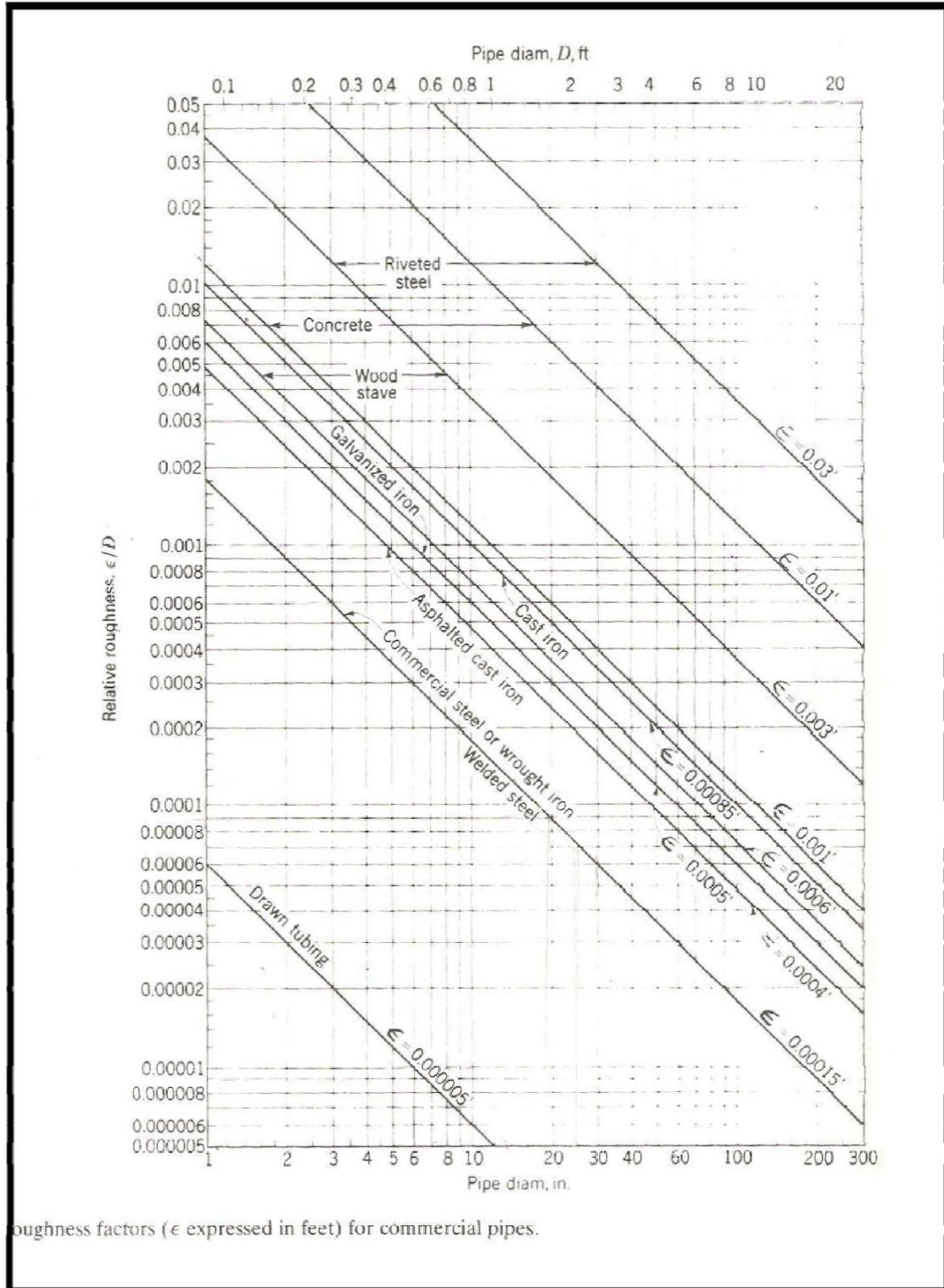
## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Avallone, E. y Theodore, B. (2002). Manual del Ingeniero Mecánico, Editorial Mc-Graw Hill, Novena Edición, Tomo I. México. 260 p.
2. Brito E., José A. (1979). Proyecto y diseño de las instalaciones de prevención, detección y extinción de incendios para una fábrica de motocicletas. Trabajo especial de grado. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica. Caracas.
3. COVENIN 3138-94: Halón, recomendaciones para sustitución de usos esenciales. Norma venezolana.
4. COVENIN 3438-99: Terminología, prevención y protección contra incendios. Norma venezolana.
5. Incropera, F., y De Witt, D. (1999). Fundamentos de Transferencia de Calor. Editorial Pearson Prentice Hall. Cuarta Edición. México. 890 p.
6. ISO 14250-14: Gaseous fire-extinguishing system, physical properties and system design. Organización internacional para la estandarización. 1994.
7. Manejo de los sistemas de protección contra incendios en Venezuela. Disponible: <http://www.tecnofuego.com.ve/home.htm>. [Consulta: 2010, julio 5]
8. NFPA National Fire Protection Association. (1981). Life safety code handbook. Editor Lathrop. Segunda Edición. Massachusetts, EEUU. 150 p.

9. NFPA National Fire Protection Association, NFPA 2001. (1986). Manual de protección contra incendio. Editorial Mapfre. Decimo Sexta Edición. Madrid, España. 950 p.
10. NFPA National Fire Protection Association. (1988). The SFPE handbook, fire protection engineering, society of fire protection. Editorial Staff. EEUU. 150 p.
11. NFPA National Fire Protection Association, NFPA 75. (1999). Estándares para la protección de computador y equipos de informática. Editorial Staff. EEUU. 200 p.
12. NFPA National Fire Protection Association, NFPA 2001. (2000). Estándares para los agentes limpios de extinción de incendios. Editorial Staff. EEUU. 250 p.
13. Ortiz M., Carlos. (1983). Proyecto de un sistema contra incendio para la facultad de Farmacia. Trabajo especial de grado. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica. Caracas.
14. Peraza G., Rafael G. (2002). Diseño de un sistema de protección contra incendio para una sala de computación. Trabajo especial de grado. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica. Caracas.
15. Perry, R. y Green, D. (2001). Manual del Ingeniero Químico, Editorial Mc-Graw Hill, Séptima Edición, Tomo I. México. 240 p.
16. Pons, P. Tecnología del fuego. Tratado de prevención, protección y lucha contra incendios, siniestros y salvamentos. España. 1977. 280 p.
17. Potter, M., y Wiggert, D. (2003). Mecánica de Fluidos. Editorial Thompson. Tercera Edición. México. 770 p.

18. Quíntela, J. (2008). Instalaciones contra incendio. AMV Ediciones. Madrid, España. 320 p.
19. Roger, Guillermo. (1983). Proyecto de un sistema de prevención, detección y extinción de incendio para los edificios de la escuela de Ingeniería Mecánica. Trabajo especial de grado. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica. Caracas.
20. Salas, F. Fundamentos teóricos sobre el fuego y extintores. Covenin. Caracas, Venezuela. 1981. 300 p.
21. Sistema limpio de supresión SAPPHIRE. Disponible: [https://www.ansul.com/es/Products/clean\\_agent\\_systems/sapphire.asp](https://www.ansul.com/es/Products/clean_agent_systems/sapphire.asp). [Consulta: 2010, julio-agosto]
22. Sistema portátil de extinción con agente limpio FE-36. Disponible: [https://www.ansul.com/es/Products/hand\\_portable/cleanguard.asp](https://www.ansul.com/es/Products/hand_portable/cleanguard.asp). [Consulta: 2008, septiembre 10]

Apéndice 1 Rugosidad Relativa de Tuberías



roughness factors ( $\epsilon$  expressed in feet) for commercial pipes.

Apéndice 2 Diagrama de Moody

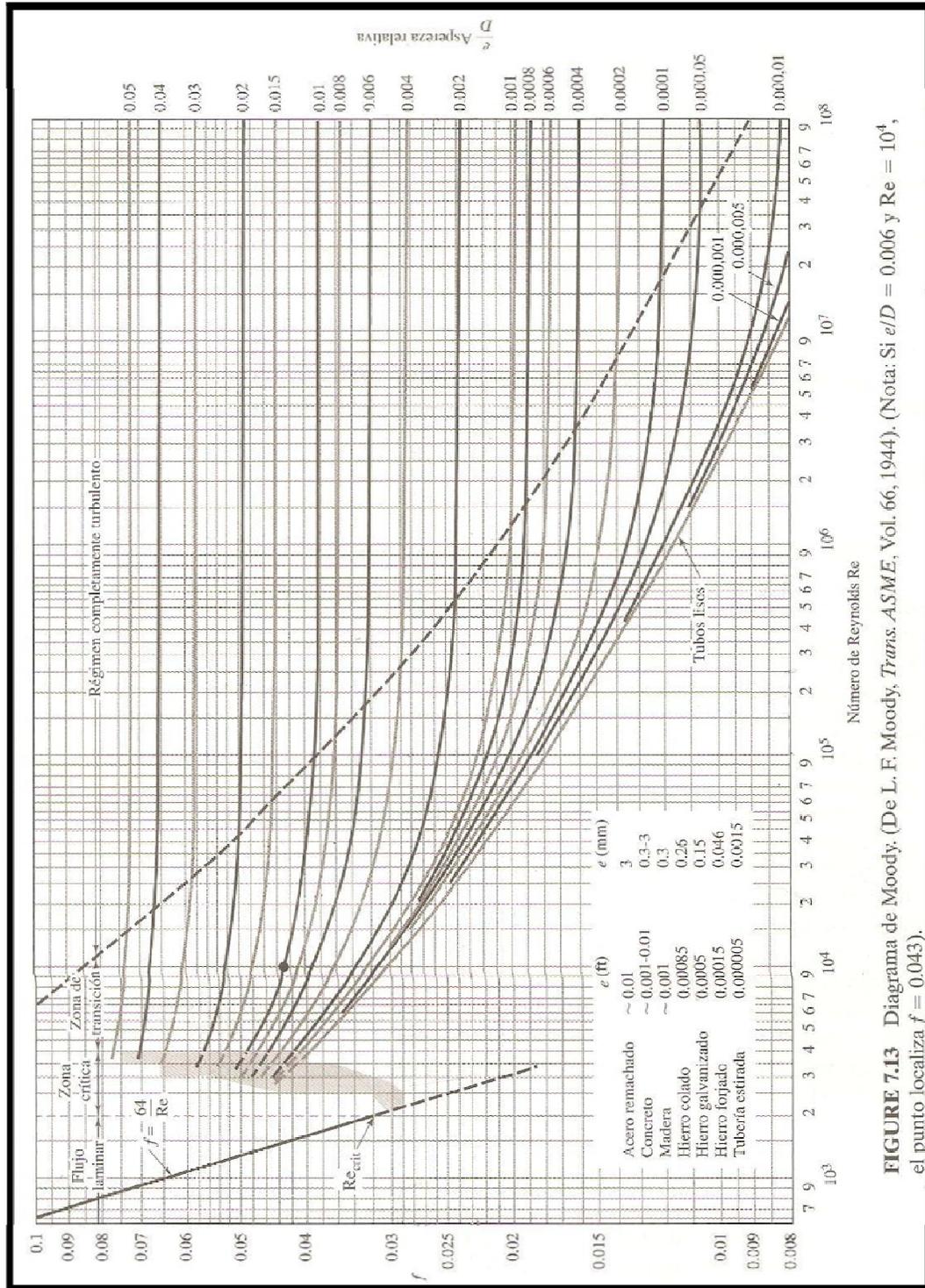


FIGURE 7.13 Diagrama de Moody. (De L. F. Moody, *Trans. ASME*, Vol. 66, 1944). (Nota: Si  $e/D = 0.006$  y  $Re = 10^4$ , el punto localiza  $f = 0.043$ ).

**Apéndice 3 Longitudes Equivalentes de las Pérdidas de Cargas Localizadas**

Clase de resistencia aislada		Diámetros nominales de las tuberías									
		3/8 10	1/2 15	3/4 20	1 25	1 1/4 32	1 1/2 40	2 50	2 1/2 65	3 80	4 100
	manguito de unión	0,00	0,00	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,09	0,12	0,15
	cono de reducción	0,20	0,30	0,50	0,65	0,85	1,00	1,30	2,00	2,30	3,00
	codo o curva de 45°	0,20	0,34	0,43	0,47	0,56	0,70	0,83	1,00	1,18	1,25
	curva de 90°	0,18	0,33	0,45	0,60	0,84	0,96	1,27	1,48	1,54	1,97
	codo de 90°	0,38	0,50	0,63	0,76	1,01	1,32	1,71	1,94	2,01	2,21
	"te" de 45°	1,02	0,84	0,90	0,96	1,20	1,50	1,80	2,10	2,40	2,70
	"te" arqueada o de curvas ("pantalones")	1,50	1,68	1,80	1,92	2,40	3,00	3,60	4,20	4,80	5,40
	"te" confluencia de ramal (paso recto)	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
	"te" derivación a ramal	1,80	2,50	3,00	3,60	4,10	4,60	5,00	5,50	6,20	6,90
	válvula retención de batiente de pistón	0,20 1,33	0,30 1,70	0,55 2,32	0,75 2,85	1,15 3,72	1,50 4,67	1,90 5,75	2,65 6,91	3,40 8,40	4,85 11,1
	válvula retención paso de escuadra	5,10	5,40	6,50	8,50	11,50	13,0	16,5	21,0	25,0	36,0
	válvula de compuerta abierta	0,14	0,18	0,21	0,26	0,36	0,44	0,55	0,69	0,81	1,09
	válvula de paso recto y asiento inclinado	1,10	1,34	1,74	2,28	2,89	3,46	4,53	5,51	6,69	8,80
	válvula de globo	4,05	4,95	6,25	8,25	10,8	13,0	17,0	21,0	25,0	33,0
	válvula de escuadra o ángulo (abierta)	1,90	2,55	3,35	4,30	5,60	6,85	8,60	11,1	13,7	17,1
	válvula de asiento de paso recto	-	3,40	3,60	4,50	5,65	8,10	9,00	-	-	-
	intercambiador	-	-	-	2,1	5	12,5	13,2	14,2	25	-
	radiador	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,75	6,50	7,00	7,50
	radiador con valvulería	3,75	4,40	5,25	6,00	6,75	7,50	8,80	10,10	11,40	12,70
	caldera	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,75	6,50	7,00	7,50
	caldera con valvulería	3,00	4,20	4,90	5,60	6,30	7,00	8,00	8,75	9,50	10,00
	contador general individual o divisionario	4,5 m c.a. 10 m c.a.									

### Apéndice 4 Tablero Central de Control Simplex 4004R (vista externa)

Specifications	
<b>Input Power</b>	
102–132 VAC, 60 Hz	2 A maximum
204–264 VAC, 50/60 Hz	1 A maximum
<b>Outputs</b>	
Auxiliary Alarm Outputs	150 mA @ 24 VDC, open collector, current limited
Common ALM, SUPV, TBL	
Resettable Smoke Detector Power	500 mA @ 24 VDC, open collector, current limited
Auxiliary Power	2 A maximum @ 24 VDC
4004-9803 Relay	Alarm, Supervisory, and Trouble relays, each relay output is rated 2 A maximum @ 32 VDC; selectable as N.O. or N.C.
<b>Environmental</b>	
Operating Temperature	32° to 120° F (0° to 49° C)
Operating Humidity Range	10% to 93% RH, non-condensing @ 90° F (32° C)

Module Currents*		
Module	Supv. Current	Alarm Current
Base Panel, 120 or 240 VAC	52 mA	82 mA**
4004-9802, 2 IDC, Low Current	7 mA	38 mA**
4004-9804, 4 IDC, Low Current	14 mA	45 mA**
4004-9822, 2 IDC, High Current	14 mA	86 mA**
4004-9824, 4 IDC, High Current	27 mA	94 mA**
4004-9806, Class A Adapter	0 mA	0 mA
4004-9808, Annunciator Interface Module	4 mA	4 mA + Annun. loads
4004-9809	2 Circuit City Connect Modules	20 mA
4004-9829		
DACT Module (4004-9810)	30 mA	45 mA
4004-9803 Relay Module	10 mA	37 mA

\* **Note:** Add IDC 2-wire detector current and NAC loads for total. Refer to Field Wiring Diagram 841-992 for battery selection and additional detail.

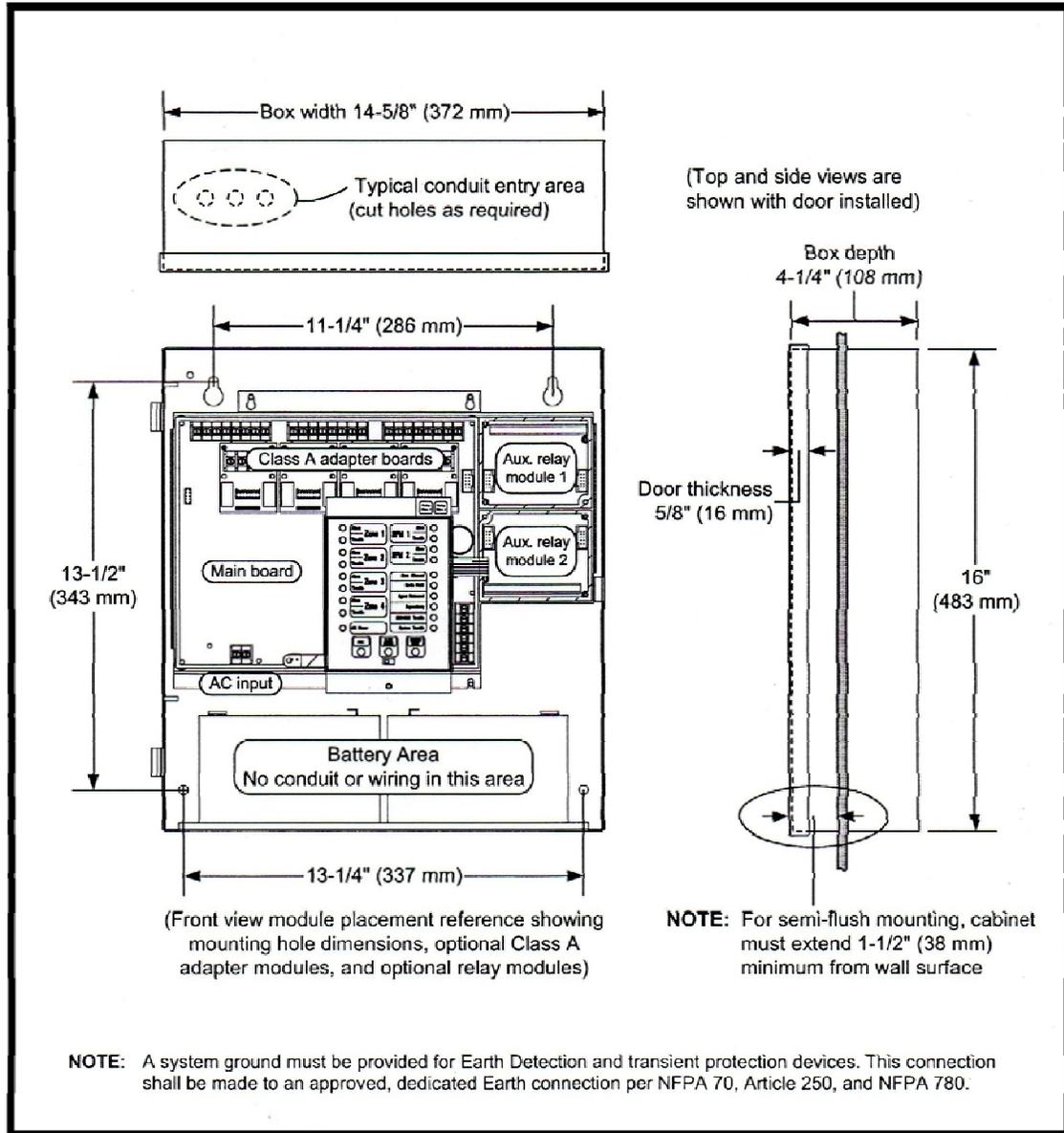
\*\* **Conditions:** Both NACs on; one IDC in alarm per module, remaining IDCs in supervisory mode. Add NAC loading and 2-wire detector load current per application.

#### Mounting Dimensions

**NOTE:** A system ground must be provided for Earth Detection and transient protection devices. This connection shall be made to an approved, dedicated Earth connection per NFPA 70, Article 250, and NFPA 780.

Apéndice 5 Tablero Central de Control Simplex 4004R (vista interna)



**Apéndice 6 Cuadro Comparativo de Agentes Limpios**

<b>CUADRO COMPARATIVO DE AGENTES LIMPIOS</b>					
<b>AGENTE EXTINTOR</b>		<b>FE-36</b>	<b>HALOTRON I</b>	<b>HALON 1211</b>	
<b>Familia de sustancias química</b>		<b>HFC</b>	<b>HCFC</b>	<b>BCFC</b>	
<b>Toxicidad aguda: Nivel NOAEL cardiotoxico (Nivel más bajo con efecto observable) .Un % más alto es menos toxico.</b>		<b>15%</b>	<b>2%</b>	<b>1%</b>	
<b>Volumen mínimo de la habitación para su uso</b>	2-B:C 5-B:C 1-A:10-B:C 2-A:10-B:C	39 ft <sup>3</sup> (1 m <sup>3</sup> ) 73 ft <sup>3</sup> (2.1m <sup>3</sup> ) 146 ft <sup>3</sup> (4.1 m <sup>3</sup> ) 204 ft <sup>3</sup> (5.8 m <sup>3</sup> )	350 ft <sup>3</sup> (9.9 m <sup>3</sup> ) 700 ft <sup>3</sup> (19.8 m <sup>3</sup> ) 1540 ft <sup>3</sup> (43.6 m <sup>3</sup> ) 2170 ft <sup>3</sup> (61.4 m <sup>3</sup> )	156 ft <sup>3</sup> (4.4 m <sup>3</sup> ) 312 ft <sup>3</sup> (8.8 m <sup>3</sup> ) 1125 ft <sup>3</sup> (31.9 m <sup>3</sup> ) 1725 ft <sup>3</sup> (49.6 m <sup>3</sup> )	
<b>Identificación de materiales peligrosos</b>	<b>Salud:</b> <b>Inflamabilidad:</b> <b>Reactividad:</b>	1- ligero 0- mínimo 1- ligero	1- ligero 0- mínimo 1- ligero	2- moderado 0- mínimo 0- mínimo	
<b>Cantidad de agente necesaria para alcanzar la clasificación</b>	2-B:C 5-B:C 1-A:10-B:C 2-A:10-B:C	2.5 lb (1.13 kg) 4.75 lb (2.2 kg) 9.5 lb (4.3 kg) 13.25 lb (6.0 kg)	2.5 lb (1.13 kg) 5.0 lb (2.3 kg) 11.0 lb (5.0 kg) 15.5 lb (7.0 kg)	1.25 lb (0.57 kg) 2.5 lb (1.1 kg) 9.0 lb (4.1 kg) 13-14 lb (5.9-6.4 kg)	
<b>Concentración de extinción, quemador de copa, n-heptano</b>		<b>5.9%</b>	<b>6-7%</b>	<b>4-5%</b>	
<b>Eliminación de sustancias planificada en la producción de materia prima según el Protocolo de Montreal</b>		<b>Ninguna</b>	<b>-100% antes de 2015</b>	<b>-100% antes de 1994</b>	

APENDICES

---

<b>Potencial de agotamiento de la capa de ozono –ODP (CFC-11 = 1.0)</b>	<b>0</b>	<b>0.014</b>	<b>4</b>
<b>Potencial de calentamiento global – GWP</b>	<b>Moderado</b>	<b>Bajo</b>	<b>N/A</b>
<b>Vida atmosférica</b>	<b>Moderado</b>	<b>Bajo</b>	<b>Baja</b>

### ANEXO 1. Termómetro Digital



### ANEXO 2. Barómetro del Laboratorio



### ANEXO 3. Clasificación de Materiales Combustibles

**Notas de conceptos básicos**

**Poder calorífico y Carga térmica**

Cuando un material comienza a arder, genera calor. El poder calorífico es la cantidad de calor generada por cada kilogramo de material combustible. La carga térmica sería la cantidad de calor desarrollada por todo el material si se quemase totalmente.

Los materiales se han clasificado, de acuerdo con la norma UNE 23 727 - 80 en las siguientes categorías según su Grado de Reacción al fuego:

- M0 Incombustible.
- M1 Combustible, No Inflamable
- M2 Poco Inflamable
- M3 Moderadamente Inflamable
- M4 Medianamente Inflamable,
- Material no Clasificable.

La propia norma UNE referida nos indica los criterios de clasificación de los materiales, conforme a una serie de ensayo, en los que se valoran el tiempo hasta el inicio de la ignición, el tiempo de persistencia y altura de la llama y su velocidad de propagación.

Todos los materiales tendrán que ser probados con los ensayos correspondientes a la clasificación a M1. Si las muestras de los materiales hubieran superado los mismos, serán ensayados para ser clasificado como M0, según el ensayo de No Combustibilidad recogido en la Norma UNE 23102 - 90.

### ANEXO 4. Lista de Precios de Accesorios del Sistema SAPPHIRE de ANSUL



**ANSUL**  
Innovative Fire Solutions



**PRICES AND PRODUCTS**

HOME
VIEW
ADMIN
HELP

Current User : salomon.gomez@tecnofuego.com

**View Price List**

Company :

Price List :  Category :

Part Number :

Search Results: **12 part(s) found.**

PartNbr	Description	Wt.(lbs)	ListPrice	NetPrice
433290	Novoc 1230, 1 Gallon Jug, 11 lb. Agent	16	506.00	253.00
570534	Tote (includes 2646 lbs. of NOVEC 1230 Fluid) (price per pound)	3020	31.40	15.70
570586	Tank & Valve Assembly w/LLI, 850 lb., Empty (Specify Fill: 375-851 lb.)	456	4633.00	2316.50
570633	Tank and Valve Assembly, 50 lb., Empty (Specify Fill: 20 - 46 lbs.)	41	1586.00	793.00
570634	Tank and Valve Assembly, 90 lb., Empty, (Specify Fill: 37 - 88 lbs.)	57.5	1630.00	815.00
570635	Tank & Valve Assembly, 20 lb., Empty (Specify Fill: 10-21 lb.)	33	1580.00	790.00
570638	Tank & Valve Assembly, 140 lb., Empty (Specify Fill: 58-138 lb.)	108	2653.00	1326.50
570639	Tank & Valve Assembly 280 lb. Empty (Specify Fill: 116-280 lb.)	158	2816.00	1408.00

Note: Call for lead times on large quantities  
Price amounts shown are in US\$

**ANEXO 5**

**Algunos Elementos de Seguridad Actuales en el Edificio Nro.2 (DTIC)**



**Salida de Emergencia**



**Elemento Extintor**



**Manguera y Extintor de Polvo Químico**



**Detector Electrónico**

## ANEXO 6

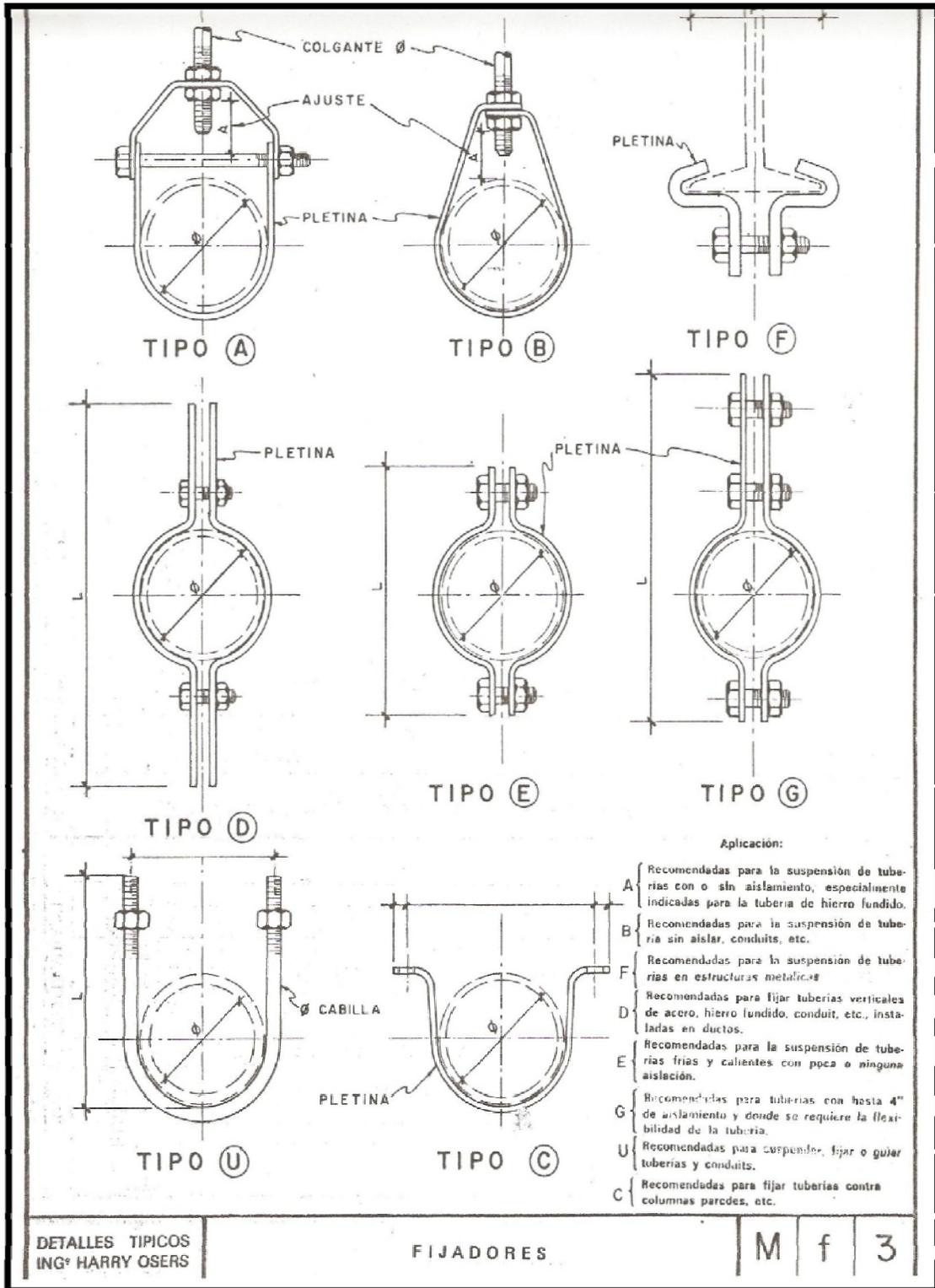
### Fuentes Potenciales de Riesgo en el Edificio Nro.2 (DTIC)



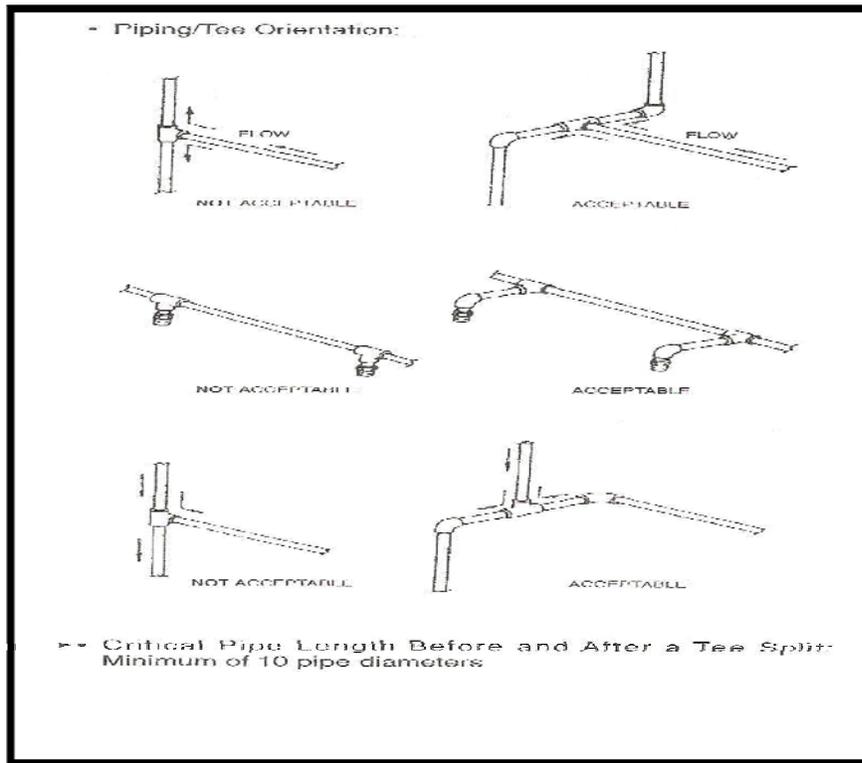
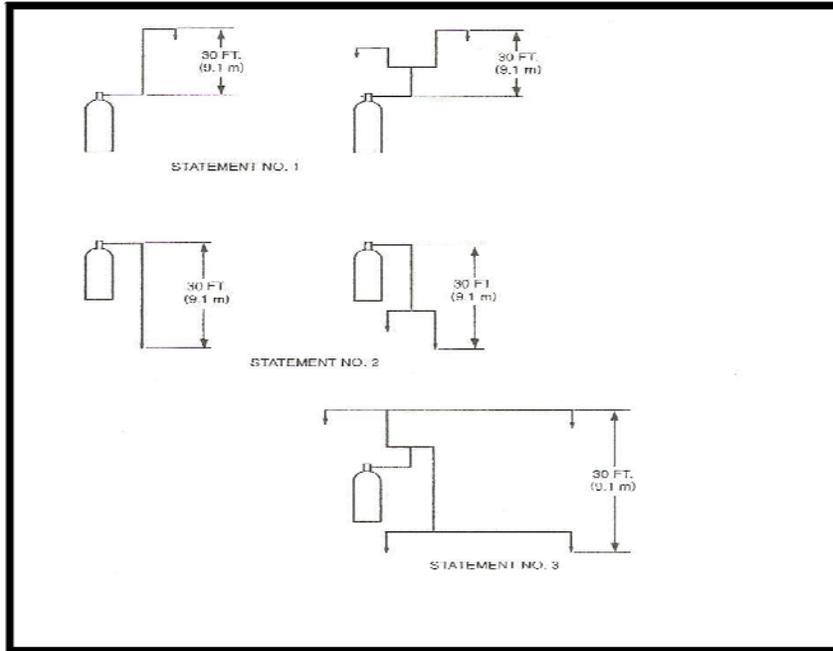
### ANEXO 7 Instalación del Sistema SAPPHIRE



ANEXO 8 Soportes de Fijación de Tuberías

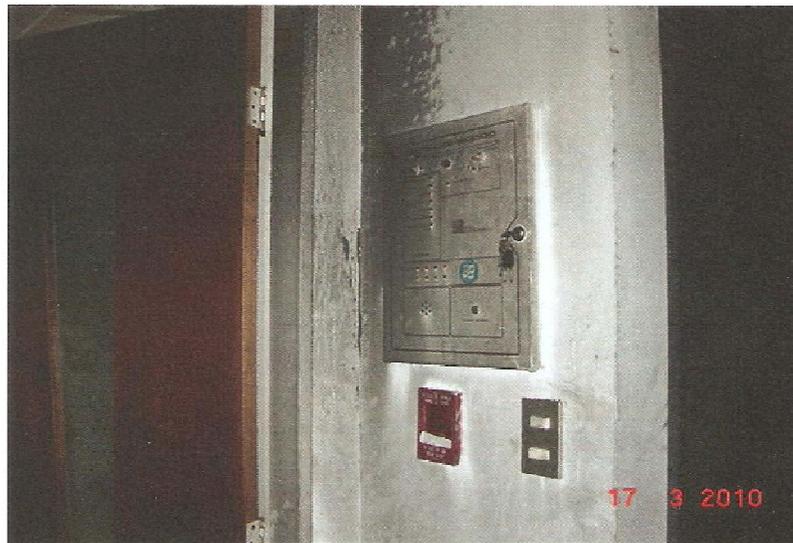


### ANEXO 9 Algunas Limitaciones para la Instalación del Sistema SAPPHIRE



## ANEXOS 10

### ASPECTO ADICIONAL



El sistema de detección y alarma contra incendios, se encontraba fuera de servicio.

- ❖ **DEPENDENCIA QUE SOFOCA EL INCENDIO:** Bomberos Universitarios.
- ❖ **CATEGORÍA DEL INCENDIO:** “PROVOCADO”
- ❖ **COSTO APROXIMADO DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO A REALIZAR:** Dos millones de bolívares fuertes. (Bs. 2.000.000)

Ing. Félix A. Flores M.  
Jefe de la División de  
Ambiente, Salud y Trabajo



## **TECNOFUEGO, C.A.**

AV. REPUBLICA DOMINICANA  
EDF. ALPHA  
PISO 2, LOCALES 1 Y 2  
URB. BOLEITA SUR, CARACAS, VENEZUELA  
Phone: 0212-239 3311 / 0212-239 5701  
Sapphire™ Designer Program  
UL: EX4510 FM: 3014140  
Project: SALA 1  
File Name: D:\DATA\TESIS UCV\SALA 1\SALA 1\_V3.FLC

## **Consolidated Report Customer Information**

Company Name: DATA CENTRO UCV  
Address: UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

Phone:  
Contact: FELIX FLORES  
Title: INGENIERO

## **Project Data**

Project Name: SALA 1  
Designer: O DORDELLY/E CAMPOS  
Number:  
Account:  
Location: CARACAS-VENEZUELA  
Description: PROTECCIÓN DE SALA 1 DATA CENTRO UCV

## **Designer Notes**

VERSION 3 DE CALCULOS



## Consolidated Report Enclosure Information

Elevation: 0 m (relative to sea level)  
Atmospheric Correction Factor: 0,93

---

Enclosure Number: 1  
Name: SALA 1  
Enclosure Temperature...  
Minimum: 23,8 C  
Maximum: 25,5 C  
Maximum Concentration: 4,340 %  
Design Concentration...  
Adjusted: 4,313 %  
Minimum: 4,200 %  
Minimum Agent Required: 32,1 kg  
Width: 0,00 m  
Length: 0,00 m  
Height: 0,00 m

---

Volume: 64,21 cubic m  
Non-permeable: 6,81 cubic m

---

Total Volume: 57,40 cubic m  
Adjusted Agent Required: 33,0 kg  
Number of Nozzles: 1



## Consolidated Report Agent Information

Agent: Novec / Propellant N2  
(Novec is a trademark of 3M)

Adjusted Agent Required: 33,0 kg  
 Container Name: 140 lb Cylinder Assembly  
 Container Part Number: 570638  
 Number of Main Containers: 1  
 Number of Reserve Containers: 0  
 Manifold: No Manifold

Starting Pressure: 24,8 bar  
 Pipe Take Off Direction: Horizontal  
 Agent Per Container: 33,0 kg  
 Fill Density: 0,629 kg / l  
 Container Empty Weight: 49,1 kg  
 Weight, All Containers + Agent: 82,1 kg  
 Floor Area Per Container: 0,13 square m  
 Floor Loading Per Container: 636 kg /square m

### Pipe Network

#### Part 1 - Pipe

Description	Start	End	Type	Diameter	Length	Elevation
Main Cyl. X 1	0	1		50 mm	0,60 m	0,60 m
Flex Hose	1	2		50 mm	0,12 m	0,00 m
Flex Hose	2	3		50 mm	0,52 m	0,52 m
Pipe	3	4	40T	25 mm	2,90 m	2,90 m
Pipe	4	5	40T	25 mm	3,54 m	0,00 m
Pipe/E1-N1	5	6	40T	25 mm	0,30 m	-0,30 m

#### Part 2 - Equivalent Length

Start	End	90	45	Thru	Side	Union	Other	Added	Total
0	1	0	0	0	0	0		0,00 m	10,67 m



### Consolidated Report

#### Part 2 - Equivalent Length

Start	End	90	45	Thru	Side Union	Other	Added	Total
1	2	0	0	0	0	0 50mmFlexN1	0,00 m	0,12 m
2	3	1	0	0	0	0 50mmFlexN2	0,00 m	5,25 m
3	4	0	0	0	0	0	0,00 m	2,90 m
4	5	1	0	0	0	0	0,00 m	4,39 m
5	6	1	0	0	0	0	0,00 m	1,16 m

#### Part 3 - Nozzles

Start	End	Flow	Name	Size	Type	Nozzle Area
0	1	33,0 kg				
1	2	33,0 kg				
2	3	33,0 kg				
3	4	33,0 kg				
4	5	33,0 kg				
5	6	33,0 kg	E1-N1	25 mm	16 Port - BR	136,85 square mm

### Parts Information

Total Agent Required: 33,0 kg  
 Container Name: 140 lb Cylinder Assembly (Part: 570638)  
 Number Of Containers: 1  
 Field1

Nozzle	Type	Diameter	Nozzle Area	Part Number
E1-N1	16 Port - BR	25 mm	136,85 square mm	570517

Nozzle	Drill Diameter	Drill Size
E1-N1	3,3000 mm	3.30 mm

Pipe:	Type	Diameter	Length
	40T	25 mm	6,74 m

'Other' Items:  
 1 - 50 mm Flexible Discharge Hose (Part: 570538)



## Consolidated Report

List of 90 degree elbows:  
2 - 25 mm

### System Acceptance

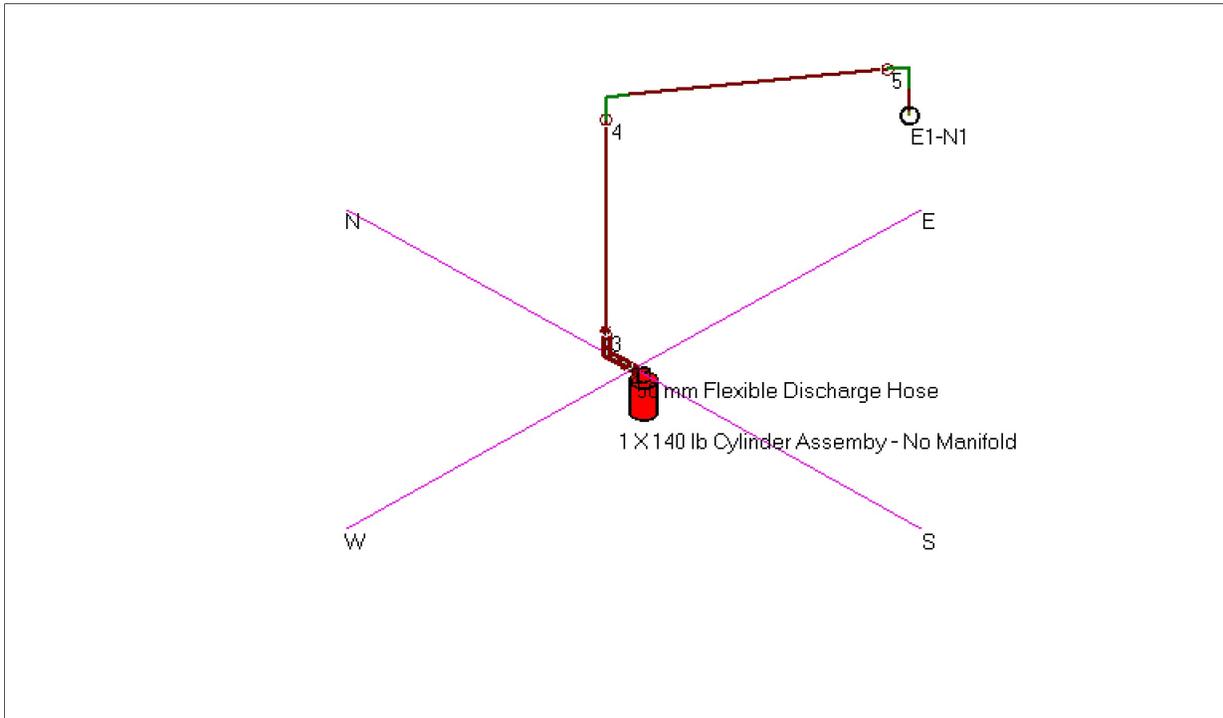
**\* WARNING - The data in this project may have been changed after the calculations were performed.**

System Discharge Time: 8,6 seconds  
Percent Agent In Pipe: 31,3%  
Percent Agent Before First Tee: 0,0%  
Enclosure Number: 1  
Enclosure Name: SALA 1  
Minimum Design Concentration: 4,200%  
Adjusted Design Concentration: 4,313%  
Predicted Concentration: 4,313%  
Maximum Expected Agent Concentration: 4,340% (At 25,5 C)

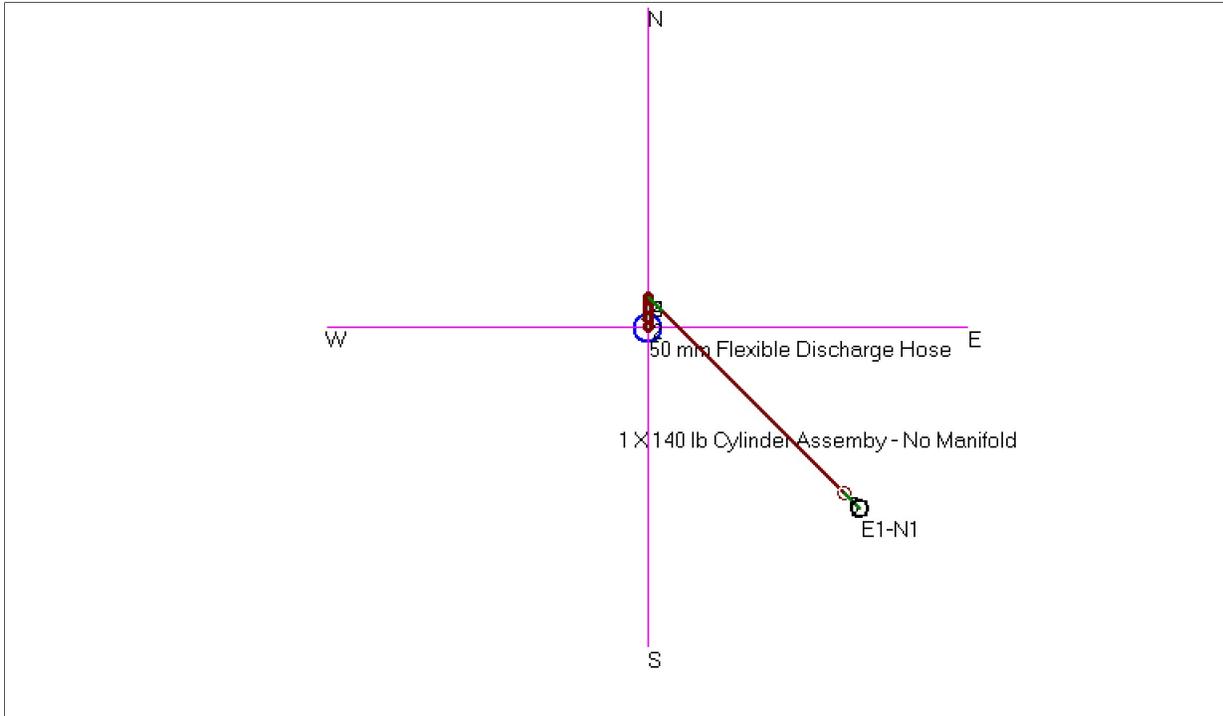
Nozzle	Minimum Agent Required	Adjusted Agent Required	Predicted Agent Delivered	Nozzle Pressure (Average)
E1-N1	32,1 kg	33,0 kg	33,0 kg	13,433 bar

Consolidated Report

Drawing View: 2

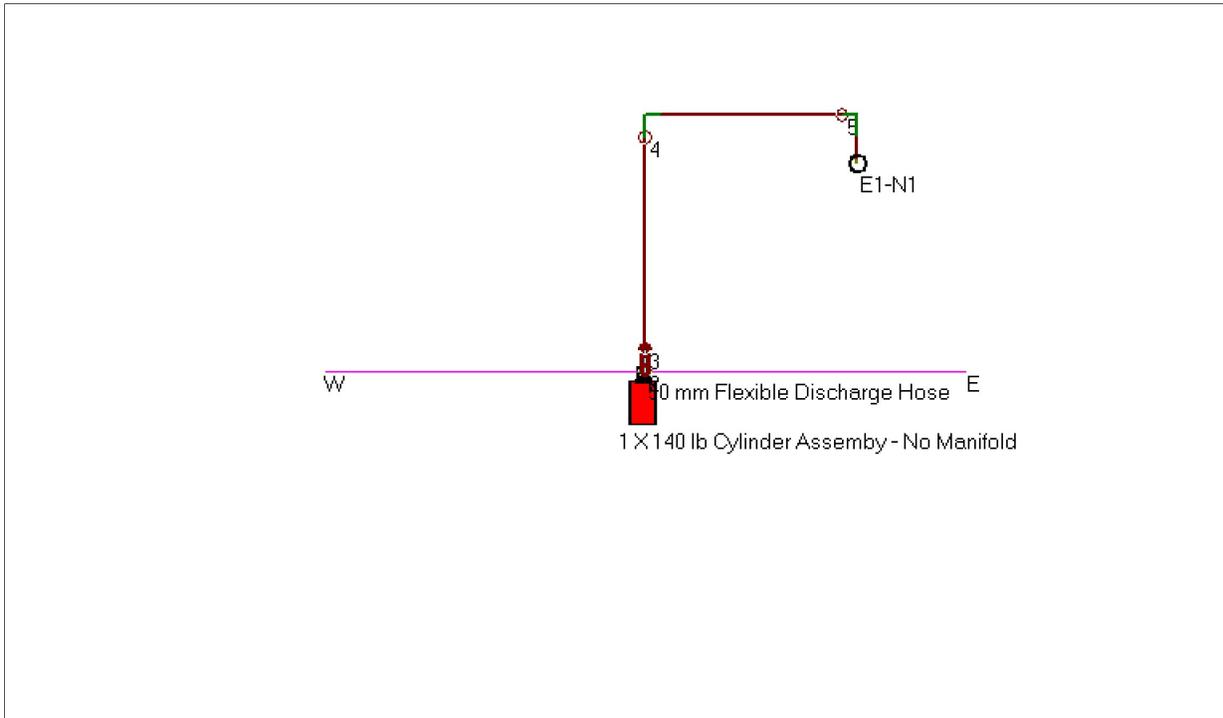


Drawing View: 5



Consolidated Report

Drawing View: 9





## TECNOFUEGO, C.A.

AV. REPUBLICA DOMINICANA  
EDF. ALPHA  
PISO 2, LOCALES 1 Y 2  
URB. BOLEITA SUR, CARACAS, VENEZUELA  
Phone: 0212-239 3311 / 0212-239 5701  
Sapphire™ Designer Program  
UL: EX4510 FM: 3014140  
Project: SALA 2  
File Name: D:\DATA\TESIS UCV\SALA 2\SALA 2\_V2.FLC

## Consolidated Report Customer Information

Company Name: DATA CENTRO UCV  
Address: UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

Phone:  
Contact: FELIX FLORES  
Title: INGENIERO

## Project Data

Project Name: SALA 2  
Designer: O DORDELLY/ E CAMPOS  
Number:  
Account:  
Location: CARACAS-VENEZUELA  
Description: PROTECCIÓN POR AGENTE LIMPIO DE SALA 2 DEL  
EDIFICIO DATA CENTRO UCV

## Designer Notes

VERSION 2 SALA 2



## Consolidated Report Enclosure Information

Elevation: 0 m (relative to sea level)  
Atmospheric Correction Factor: 0,92

---

Enclosure Number: 1  
Name: SALA 2  
Enclosure Temperature...  
Minimum: 18,6 C  
Maximum: 20,4 C  
Maximum Concentration: 4,238 %  
Design Concentration...  
Adjusted: 4,210 %  
Minimum: 4,200 %  
Minimum Agent Required: 96,8 kg  
Width: 0,00 m  
Length: 0,00 m  
Height: 0,00 m

---

Volume: 239,80 cubic m  
Non-permeable: 68,30 cubic m

---

Total Volume: 171,50 cubic m  
Adjusted Agent Required: 97,0 kg  
Number of Nozzles: 2



## Consolidated Report Agent Information

Agent: Novec / Propellant N2  
(Novec is a trademark of 3M)

Adjusted Agent Required: 97,0 kg  
Container Name: 280 lb Cylinder Assembly  
Container Part Number: 570639  
Number of Main Containers: 1  
Number of Reserve Containers: 0  
Manifold: No Manifold  
  
Starting Pressure: 24,8 bar  
Pipe Take Off Direction: Horizontal  
Agent Per Container: 97,0 kg  
Fill Density: 0,916 kg / l  
Container Empty Weight: 71,8 kg  
Weight, All Containers + Agent: 168,8 kg  
Floor Area Per Container: 0,13 square m  
Floor Loading Per Container: 1309 kg /square m

### Pipe Network

#### Part 1 - Pipe

Description	Start	End	Type	Diameter	Length	Elevation
Main Cyl. X 1	0	1		50 mm	1,02 m	1,02 m
Flex Hose	1	2		50 mm	0,12 m	0,00 m
Flex Hose	2	3		50 mm	0,52 m	0,52 m
Pipe	3	4	40T	50 mm	2,58 m	2,58 m
Pipe	4	5	40T	50 mm	4,00 m	0,00 m
Pipe	5	6	40T	50 mm	3,25 m	0,00 m
Pipe	6	7	40T	32 mm	2,00 m	0,00 m
Pipe/E1-N1	7	8	40T	32 mm	0,30 m	-0,30 m
Pipe	6	9	40T	32 mm	2,00 m	0,00 m
Pipe/E1-N2	9	10	40T	32 mm	0,30 m	-0,30 m

Page: 3 of 7

Calculation Date/Time: Lunes, 11 de Octubre de 2010, 03:54:11 p.m.

Copyright (c) Hughes Associates, Inc. Licensed to: Ansul Incorporated



### Consolidated Report

#### Part 2 - Equivalent Length

Start	End	90	45	Thru	Side Union	Other	Added	Total
0	1	0	0	0	0	0	0,00 m	10,67 m
1	2	0	0	0	0	0 50mmFlexN1	0,00 m	0,12 m
2	3	1	0	0	0	0 50mmFlexN2	0,00 m	5,25 m
3	4	0	0	0	0	0	0,00 m	2,59 m
4	5	1	0	0	0	0	0,00 m	5,67 m
5	6	1	0	0	0	0	0,00 m	4,94 m
6	7	0	0	0	1	0	0,00 m	4,30 m
7	8	1	0	0	0	0	0,00 m	1,43 m
6	9	0	0	0	1	0	0,00 m	4,30 m
9	10	1	0	0	0	0	0,00 m	1,43 m

#### Part 3 - Nozzles

Start	End	Flow	Name	Size	Type	Nozzle Area
0	1	97,0 kg				
1	2	97,0 kg				
2	3	97,0 kg				
3	4	97,0 kg				
4	5	97,0 kg				
5	6	97,0 kg				
6	7	48,5 kg				
7	8	48,5 kg	E1-N1	32 mm	16 Port - BR	277,59 square mm
6	9	48,5 kg				
9	10	48,5 kg	E1-N2	32 mm	16 Port - BR	277,59 square mm

#### Parts Information

Total Agent Required: 97,0 kg  
 Container Name: 280 lb Cylinder Assembly (Part: 570639)  
 Number Of Containers: 1  
 Field1

Nozzle	Type	Diameter	Nozzle Area	Part Number
E1-N1	16 Port - BR	32 mm	277,59 square mm	570518
E1-N2	16 Port - BR	32 mm	277,59 square mm	570518



## Consolidated Report

Nozzle	Drill Diameter	Drill Size
E1-N1	4,7000 mm	4.70 mm
E1-N2	4,7000 mm	4.70 mm

Pipe:	Type	Diameter	Length
	40T	32 mm	4,60 m
	40T	50 mm	9,83 m

### 'Other' Items:

1 - 50 mm Flexible Discharge Hose (Part: 570538)

### List of 90 degree elbows:

2 - 32 mm

2 - 50 mm

### List of Tees:

1 - 50 mm

## System Acceptance

System Discharge Time: 9,2 seconds

Percent Agent In Pipe: 48,5%

Percent Agent Before First Tee: 41,2%

Enclosure Number: 1

Enclosure Name: SALA 2

Minimum Design Concentration: 4,200%

Adjusted Design Concentration: 4,210%

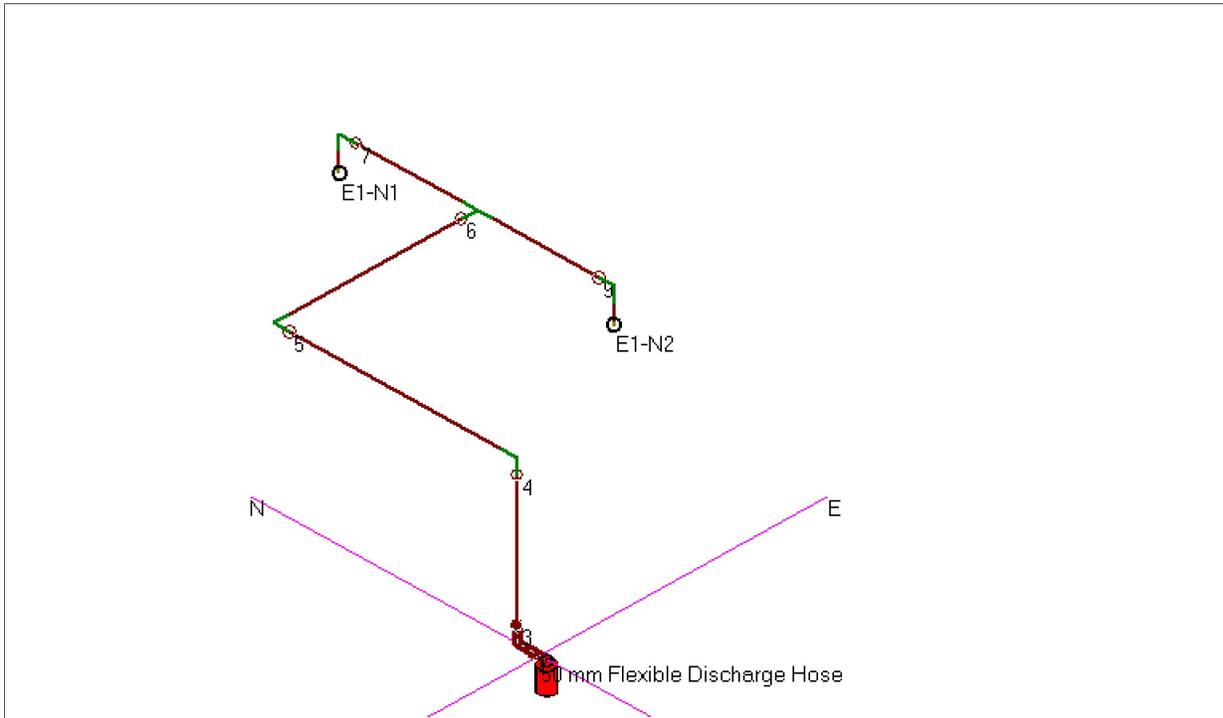
Predicted Concentration: 4,210%

Maximum Expected Agent Concentration: 4,238% (At 20,4 C)

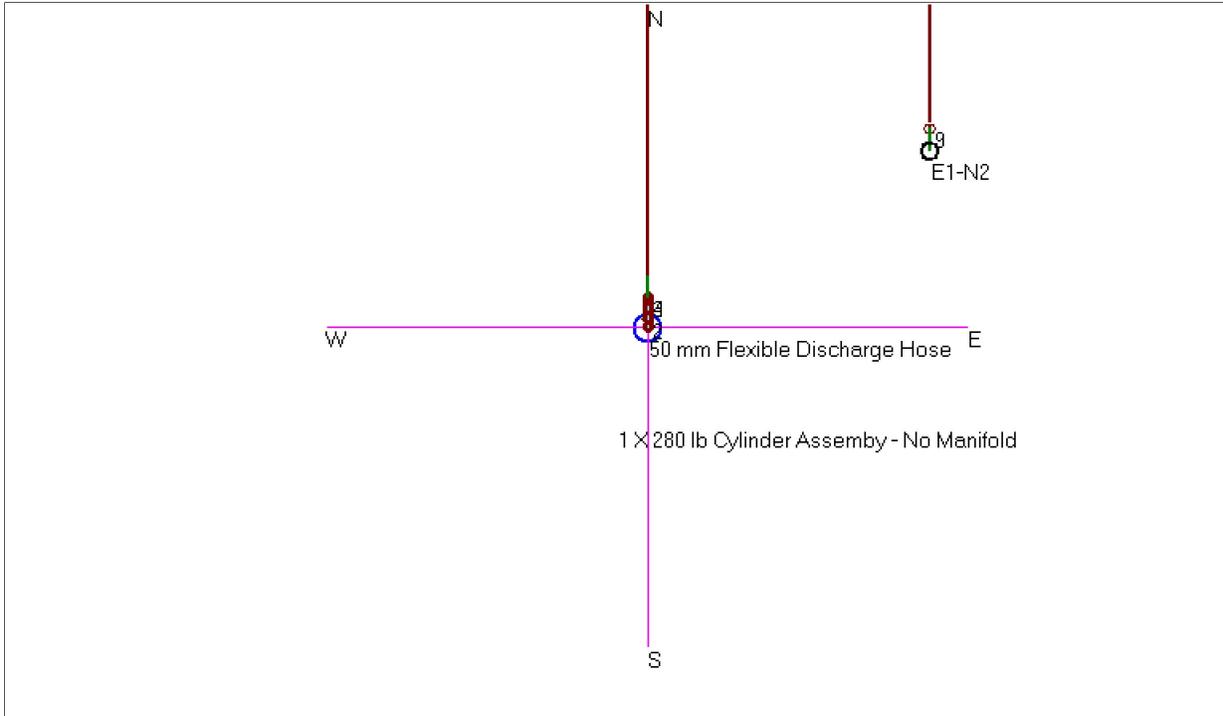
Nozzle	Minimum Agent Required	Adjusted Agent Required	Predicted Agent Delivered	Nozzle Pressure (Average)
E1-N1	48,4 kg	48,5 kg	48,5 kg	7,738 bar
E1-N2	48,4 kg	48,5 kg	48,5 kg	7,738 bar

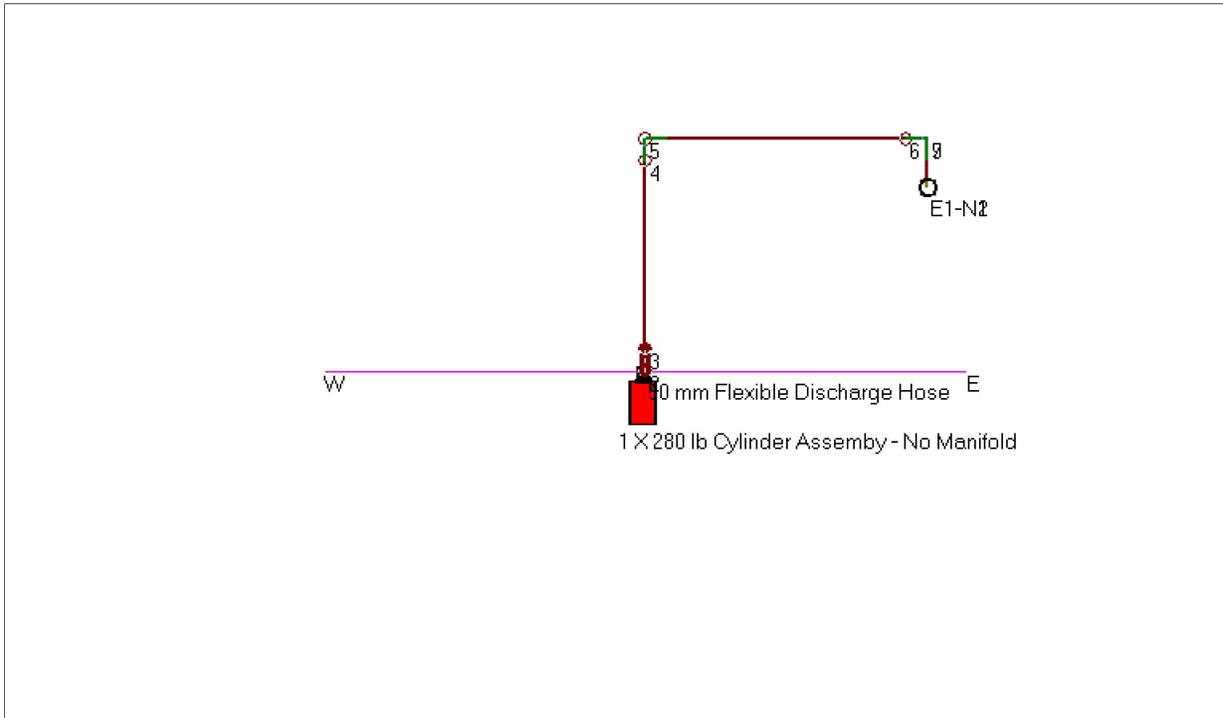
Consolidated Report

Drawing View: 1



Drawing View: 5







## TECNOFUEGO, C.A.

AV. REPUBLICA DOMINICANA  
EDF. ALPHA  
PISO 2, LOCALES 1 Y 2  
URB. BOLEITA SUR, CARACAS, VENEZUELA  
Phone: 0212-239 3311 / 0212-239 5701  
Sapphire™ Designer Program  
UL: EX4510 FM: 3014140  
Project: SALA 3  
File Name: D:\DATA\TESIS UCV\SALA 3\SALA 3\_V2.FLC

## Consolidated Report Customer Information

Company Name: DATA CENTRO UCV  
Address: UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

Phone:  
Contact: FELIX FLORES  
Title: INGENIERO

## Project Data

Project Name: SALA 3  
Designer: O DORDELLY/ E CAMPOS  
Number:  
Account:  
Location: CARACAS-VENEZUELA  
Description: SISTEMA DE PROTECCIÓN DE INCENDIOS POR  
AGENTE LIMPIO EN SALA 3 DEL EDIFICIO DE DATA  
CENTRO UCV

## Designer Notes

SALA 3 VERSION 2



## Consolidated Report Enclosure Information

Elevation: 0 m (relative to sea level)  
Atmospheric Correction Factor: 0,92

---

Enclosure Number: 1  
Name: SALA 3  
Enclosure Temperature...  
Minimum: 16,8 C  
Maximum: 20,9 C  
Maximum Concentration: 4,295 %  
Design Concentration...  
Adjusted: 4,230 %  
Minimum: 4,200 %  
Minimum Agent Required: 68,5 kg  
Width: 0,00 m  
Length: 0,00 m  
Height: 0,00 m

---

Volume: 164,32 cubic m  
Non-permeable: 43,77 cubic m

---

Total Volume: 120,55 cubic m  
Adjusted Agent Required: 69,0 kg  
Number of Nozzles: 2



## Consolidated Report Agent Information

Agent: Novec / Propellant N2  
(Novec is a trademark of 3M)

Adjusted Agent Required: 69,0 kg  
Container Name: 280 lb Cylinder Assembly  
Container Part Number: 570639  
Number of Main Containers: 1  
Number of Reserve Containers: 0  
Manifold: No Manifold  
  
Starting Pressure: 24,8 bar  
Pipe Take Off Direction: Horizontal  
Agent Per Container: 69,0 kg  
Fill Density: 0,652 kg / l  
Container Empty Weight: 71,8 kg  
Weight, All Containers + Agent: 140,8 kg  
Floor Area Per Container: 0,13 square m  
Floor Loading Per Container: 1091 kg /square m

### Pipe Network

#### Part 1 - Pipe

Description	Start	End	Type	Diameter	Length	Elevation
Main Cyl. X 1	0	1		50 mm	1,02 m	1,02 m
Flex Hose	1	2		50 mm	0,12 m	0,00 m
Flex Hose	2	3		50 mm	0,52 m	0,52 m
Pipe	3	4	40T	50 mm	2,31 m	2,31 m
Pipe	4	5	40T	50 mm	2,65 m	0,00 m
Pipe	5	6	40T	32 mm	2,50 m	0,00 m
Pipe/E1-N1	6	7	40T	32 mm	0,30 m	-0,30 m
Pipe	5	8	40T	32 mm	2,50 m	0,00 m
Pipe/E1-N2	8	9	40T	32 mm	0,30 m	-0,30 m



## Consolidated Report

### Part 2 - Equivalent Length

Start	End	90	45	Thru	Side	Union	Other	Added	Total
0	1	0	0	0	0	0		0,00 m	10,67 m
1	2	0	0	0	0	0	50mmFlexN1	0,00 m	0,12 m
2	3	1	0	0	0	0	50mmFlexN2	0,00 m	5,25 m
3	4	0	0	0	0	0		0,00 m	2,32 m
4	5	1	0	0	0	0		0,00 m	4,33 m
5	6	0	0	0	1	0		0,00 m	4,79 m
6	7	1	0	0	0	0		0,00 m	1,43 m
5	8	0	0	0	1	0		0,00 m	4,79 m
8	9	1	0	0	0	0		0,00 m	1,43 m

### Part 3 - Nozzles

Start	End	Flow	Name	Size	Type	Nozzle Area
0	1	69,0 kg				
1	2	69,0 kg				
2	3	69,0 kg				
3	4	69,0 kg				
4	5	69,0 kg				
5	6	34,6 kg				
6	7	34,6 kg	E1-N1	32 mm	16 Port - BR	201,06 square mm
5	8	34,4 kg				
8	9	34,4 kg	E1-N2	32 mm	16 Port - BR	201,06 square mm

### Parts Information

Total Agent Required: 69,0 kg  
 Container Name: 280 lb Cylinder Assembly (Part: 570639)  
 Number Of Containers: 1  
 Field1

Nozzle	Type	Diameter	Nozzle Area	Part Number
E1-N1	16 Port - BR	32 mm	201,06 square mm	570518
E1-N2	16 Port - BR	32 mm	201,06 square mm	570518



## Consolidated Report

Nozzle	Drill Diameter	Drill Size
E1-N1	4,0000 mm	4.00 mm
E1-N2	4,0000 mm	4.00 mm

Pipe:	Type	Diameter	Length
	40T	32 mm	5,60 m
	40T	50 mm	4,96 m

### 'Other' Items:

1 - 50 mm Flexible Discharge Hose (Part: 570538)

### List of 90 degree elbows:

2 - 32 mm

1 - 50 mm

### List of Tees:

1 - 50 mm

## System Acceptance

System Discharge Time: 6,6 seconds

Percent Agent In Pipe: 45,9%

Percent Agent Before First Tee: 33,3%

Enclosure Number: 1

Enclosure Name: SALA 3

Minimum Design Concentration: 4,200%

Adjusted Design Concentration: 4,230%

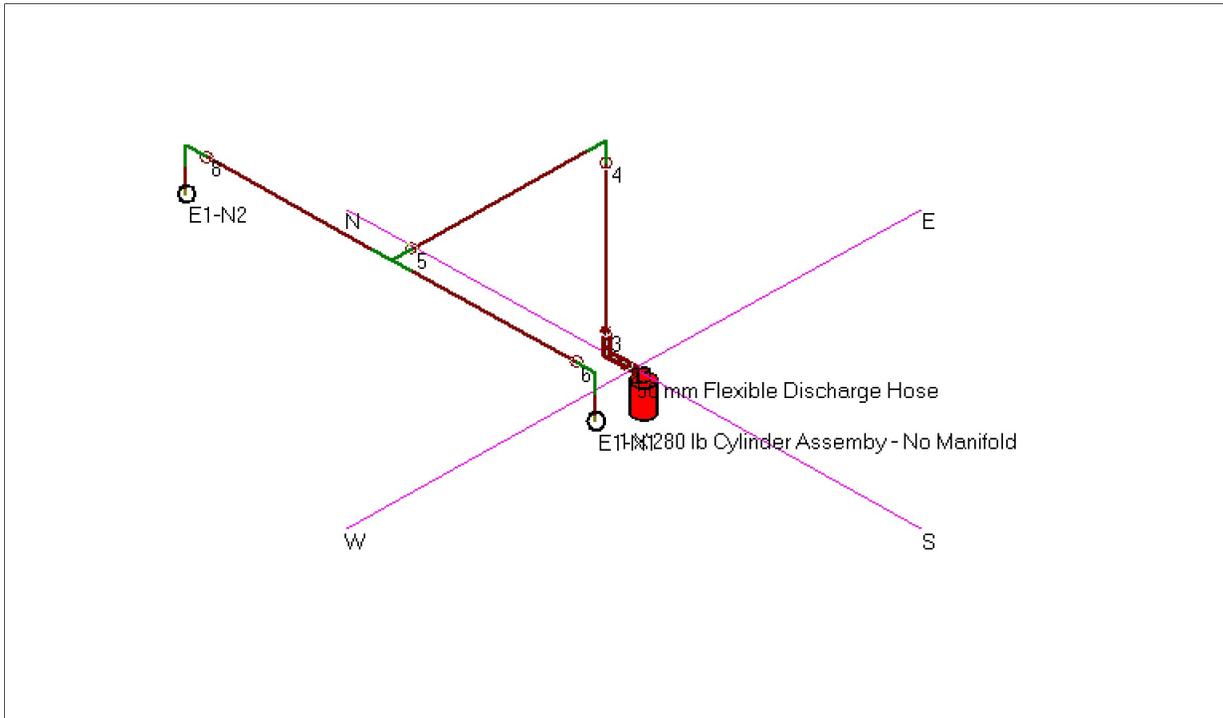
Predicted Concentration: 4,231%

Maximum Expected Agent Concentration: 4,295% (At 20,9 C)

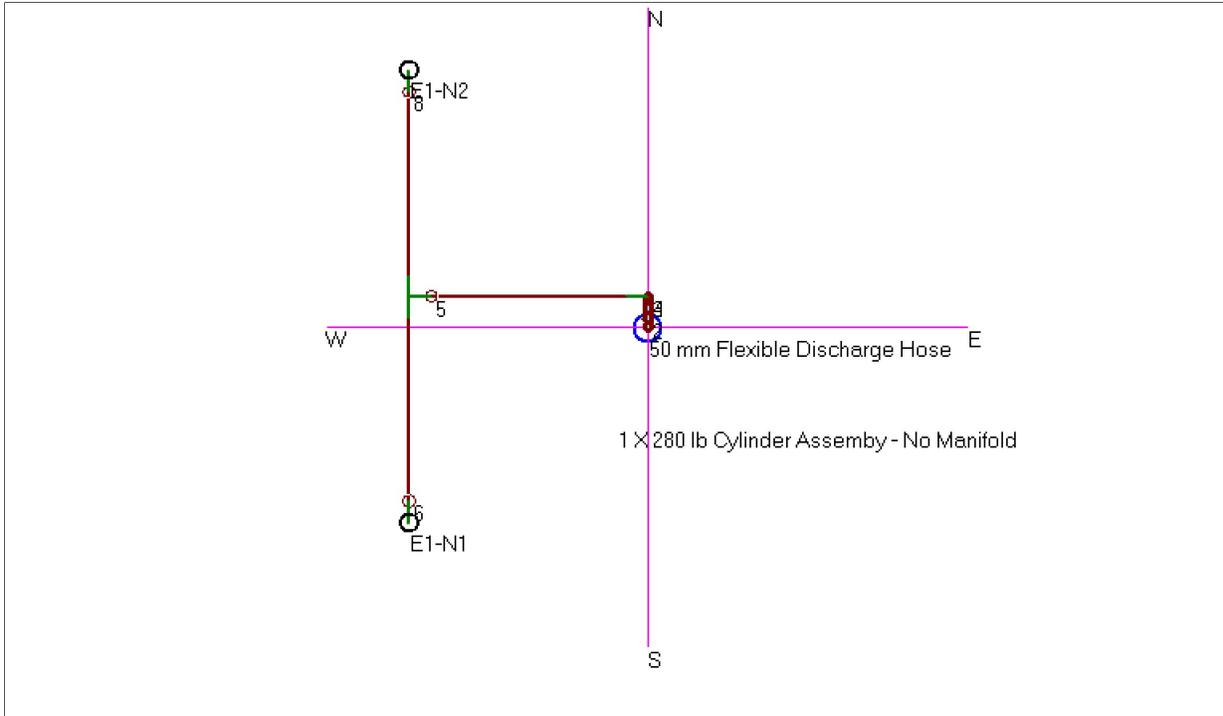
Nozzle	Minimum Agent Required	Adjusted Agent Required	Predicted Agent Delivered	Nozzle Pressure (Average)
E1-N1	34,3 kg	34,6 kg	34,5 kg	12,539 bar
E1-N2	34,2 kg	34,4 kg	34,5 kg	12,539 bar

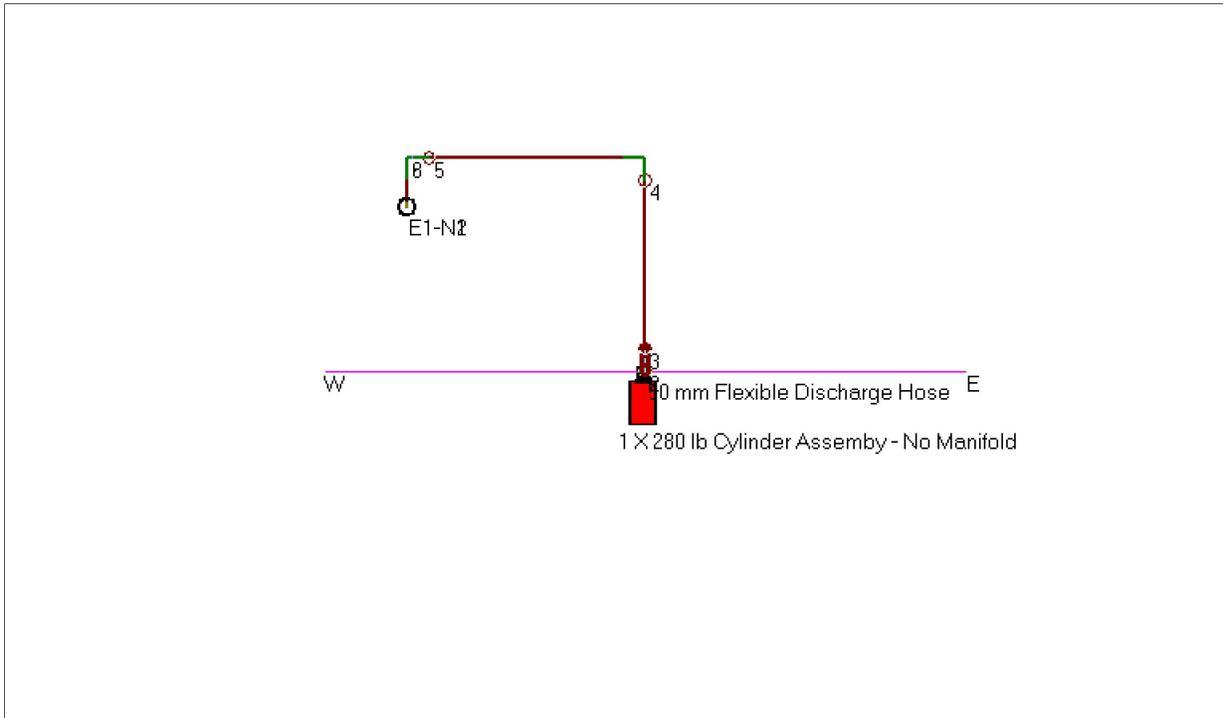
Consolidated Report

Drawing View: 1



Drawing View: 5







## TECNOFUEGO, C.A.

AV. REPUBLICA DOMINICANA  
EDF. ALPHA  
PISO 2, LOCALES 1 Y 2  
URB. BOLEITA SUR, CARACAS, VENEZUELA  
Phone: 0212-239 3311 / 0212-239 5701  
Sapphire™ Designer Program  
UL: EX4510 FM: 3014140  
Project: SALA 4  
File Name: D:\DATA\TESIS UCV\SALA 4\SALA 4\_V3.FLC

## Consolidated Report Customer Information

Company Name: DATA CENTRO UCV  
Address: UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

Phone:  
Contact: FELIX FLORES  
Title: INGENIERO

## Project Data

Project Name: SALA 4  
Designer: O DORDELLY/ E CAMPOS  
Number:  
Account:  
Location: CARACAS-VENEZUELA  
Description: PROTECCION DE SALA 4 DE EDIFICIO DATA CENTRO  
UCV POR AGENTE LIMPIO

## Designer Notes

SALA 4 VERSION 3



## Consolidated Report Enclosure Information

Elevation: 0 m (relative to sea level)  
Atmospheric Correction Factor: 0,92

---

Enclosure Number: 1  
Name: SALA 4  
Enclosure Temperature...  
Minimum: 22,1 C  
Maximum: 24,0 C  
Maximum Concentration: 4,299 %  
Design Concentration...  
Adjusted: 4,269 %  
Minimum: 4,200 %  
Minimum Agent Required: 33,5 kg  
Width: 0,00 m  
Length: 0,00 m  
Height: 0,00 m

---

Volume: 71,75 cubic m  
Non-permeable: 11,71 cubic m

---

Total Volume: 60,04 cubic m  
Adjusted Agent Required: 34,0 kg  
Number of Nozzles: 1



## Consolidated Report Agent Information

Agent: Novec / Propellant N2  
(Novec is a trademark of 3M)

Adjusted Agent Required: 34,0 kg  
 Container Name: 140 lb Cylinder Assembly  
 Container Part Number: 570638  
 Number of Main Containers: 1  
 Number of Reserve Containers: 0  
 Manifold: No Manifold

Starting Pressure: 24,8 bar  
 Pipe Take Off Direction: Horizontal  
 Agent Per Container: 34,0 kg  
 Fill Density: 0,648 kg / l  
 Container Empty Weight: 49,1 kg  
 Weight, All Containers + Agent: 83,1 kg  
 Floor Area Per Container: 0,13 square m  
 Floor Loading Per Container: 644 kg /square m

### Pipe Network

#### Part 1 - Pipe

Description	Start	End	Type	Diameter	Length	Elevation
Main Cyl. X 1	0	1		50 mm	0,60 m	0,60 m
Flex Hose	1	2		50 mm	0,12 m	0,00 m
Flex Hose	2	3		50 mm	0,52 m	0,52 m
Pipe	3	4	40T	25 mm	2,31 m	2,31 m
Pipe	4	5	40T	25 mm	2,20 m	0,00 m
Pipe/E1-N1	5	6	40T	25 mm	0,55 m	-0,55 m

#### Part 2 - Equivalent Length

Start	End	90	45	Thru	Side	Union	Other	Added	Total
0	1	0	0	0	0	0	0	0,00 m	10,67 m



## Consolidated Report

### Part 2 - Equivalent Length

Start	End	90	45	Thru	Side Union	Other	Added	Total
1	2	0	0	0	0	0 50mmFlexN1	0,00 m	0,12 m
2	3	1	0	0	0	0 50mmFlexN2	0,00 m	5,25 m
3	4	0	0	0	0	0	0,00 m	2,32 m
4	5	1	0	0	0	0	0,00 m	3,05 m
5	6	1	0	0	0	0	0,00 m	1,40 m

### Part 3 - Nozzles

Start	End	Flow	Name	Size	Type	Nozzle Area
0	1	34,0 kg				
1	2	34,0 kg				
2	3	34,0 kg				
3	4	34,0 kg				
4	5	34,0 kg				
5	6	34,0 kg	E1-N1	25 mm	16 Port - BR	136,85 square mm

### Parts Information

Total Agent Required: 34,0 kg  
 Container Name: 140 lb Cylinder Assembly (Part: 570638)  
 Number Of Containers: 1  
 Field1

Nozzle	Type	Diameter	Nozzle Area	Part Number
E1-N1	16 Port - BR	25 mm	136,85 square mm	570517

Nozzle	Drill Diameter	Drill Size
E1-N1	3,3000 mm	3.30 mm

Pipe:	Type	Diameter	Length
	40T	25 mm	5,06 m

'Other' Items:  
 1 - 50 mm Flexible Discharge Hose (Part: 570538)



## Consolidated Report

List of 90 degree elbows:  
2 - 25 mm

### System Acceptance

System Discharge Time: 8,5 seconds  
Percent Agent In Pipe: 26,0%  
Percent Agent Before First Tee: 0,0%  
Enclosure Number: 1  
Enclosure Name: SALA 4  
Minimum Design Concentration: 4,200%  
Adjusted Design Concentration: 4,269%  
Predicted Concentration: 4,269%  
Maximum Expected Agent Concentration: 4,299% (At 24,0 C)

Nozzle	Minimum Agent Required	Adjusted Agent Required	Predicted Agent Delivered	Nozzle Pressure (Average)
E1-N1	33,5 kg	34,0 kg	34,0 kg	13,852 bar

Drawing View: 1

