

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Ambiental



**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE DETECCIÓN Y
EXTINCIÓN DE INCENDIOS PARA UN CENTRO DE COMPUTO**

T E S I S

Presentado Por:

Axel Juan Ortiz Lavado

Para Optar El Título Profesional De:

INGENIERO DE HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL

1993

DEDICO EL PRESENTE
TRABAJO A MIS PADRES.

AGRADECIMIENTO

QUIERO EXPRESAR MI MÁS SINCERO
AGRADECIMIENTO A TODAS AQUELLAS
PERSONAS Y ENTIDADES QUE
CONTRIBUYERON A CONCRETAR EL
PRESENTE PROYECTO.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I : MARCO TEÓRICO	4
1. EVALUACIÓN DEL RIESGO	4
1.1 Definición	4
1.2 Análisis del Riesgo	4
1.2.1 Sujeto Causante del Daño	5
1.2.2 Sujeto Receptor del Daño	6
1.2.3 Ámbito o Localización	6
1.3 Evaluación de Vulnerabilidades	7
2. SISTEMA AUTOMÁTICO DE DETECCIÓN DE INCENDIOS ...	8
2.1 Definición	8
2.2 Importancia	8
2.3 Componentes	8
2.3.1 Detectores Automáticos	9
2.3.1.1 Detectores de Humos	9
2.3.1.2 Detector Óptico de Llamas	10
2.3.1.3 Detector Térmico/Termovelocimétrico ...	10
2.3.2 Central de Señalización y Control	10
2.3.3 Dispositivos de Alarma	11
3. SISTEMAS DE EXTINCIÓN PARA UN CENTRO DE CÓMPUTO	11
3.1 Generalidades	11
3.2 Sistema de Rociadores Automáticos	12
3.2.1 El Agua	12
3.2.2 Usos del Sistema	13
3.2.3 Sistemas de Aplicación	13
3.2.3.1 Sistemas de "Tubería Húmeda"	13
3.2.3.2 Sistemas de "Tubería Seca" Normales ...	14
3.2.3.3 Sistema de "Acción Previa"	14
3.2.3.4 Sistema de Diluvio	14
3.2.3.5 Sistemas combinados de Tubería Seca y de Acción Previa	15
3.2.3.6 Sistemas de Suministro Limitado de Agua	15
3.2.4 Componentes del Sistema	15
3.3 Sistema de Extinción de CO ₂	15
3.3.1 El Dióxido de Carbono	15
3.3.2 Usos y Limitaciones	16
3.3.3 Sistemas de Aplicación	17
3.3.3.1 Sistemas de Inundación Total	18
3.3.3.2 Sistemas de Aplicación Local	18
3.3.4 Componentes del Sistema	19

3.4 Sistema de Extinción de Halón 1301	20
3.4.1 El Halón 1301	20
3.4.2 Usos y Limitaciones	21
3.4.3 Sistemas de Aplicación	23
3.4.3.1 Sistemas de Inundación Total	23
3.4.3.2 Sistemas de Aplicación Local	24
3.4.4 Componentes del Sistema	24
CAPÍTULO II : EVALUACIÓN DE RIESGO DE INCENDIO DEL CENTRO DE CÓMPUTO	26
1. ANÁLISIS DEL RIESGO	26
1.1 Sujeto Causante del Riesgo	27
1.1.1 Riesgos causados por Fenómenos Naturales ..	27
1.1.2 Riesgos Tecnológicos	27
1.2.2.1 Riesgos de Combustión	27
1.2.2.2 Riesgos Técnicos	28
1.1.3 Riesgos derivados de las Actividades de Trabajo y Profesionales	28
1.1.4 Riesgos originados por las Actividades Antisociales	29
1.2 Sujeto Receptor de daño	29
1.2.1 Personas	29
1.2.2 Bienes y Patrimonio	29
1.2.3 Actividades Laborales	30
1.3 Ámbito o Localización	30
2. EVALUACIÓN DE VULNERABILIDADES	31
2.1 Ubicación	31
2.2 Control de Accesos	32
2.3 Características del Centro de Cómputo	32
2.3.1 Generalidades	32
2.3.2 Áreas Colindantes de Riesgo de Incendio ...	34
2.3.3 Áreas Críticas	34
2.3.4 Interiores	37
2.4 Protección Contra Incendios	37
2.4.1 Protección Pública	37
2.4.2 Sistema de Detección de Incendios	38
2.4.3 Sistema Automático de Detección de Inunda- ción.	38
2.4.4 Alarma	38
2.4.5 Extinción	39
2.4.6 Planes de Emergencia	39
2.5 Protección de Registros	40
2.6 Servicios	41
2.6.1 Electricidad	41
2.6.2 Aire Acondicionado	42

CAPÍTULO III : DISEÑO DEL SISTEMA DE DETECCIÓN	44
1. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO	44
1.1 Extensión de la Protección	44
1.2 Detectores Automáticos de Humos	45
1.2.1 Selección del Detector	45
1.2.2 Ubicación.....	45
1.2.3 Espaciamiento	46
1.3 Central de Control y Señalización	47
1.4 Equipos de Alarma	47
1.4.1 Aparatos de alarma eléctricos de acciona- miento manual	47
1.4.2 Artefactos de Señal Audibles	47
1.5 Suministro de Energía	48
2. DISEÑO DEL SISTEMA	49
2.1 Procedimiento de Diseño	49
2.2 Extensión de la Protección	49
2.3 Configuración del Sistema	49
2.4 Funcionamiento	50
2.5 Detectores	51
2.5.1 Selección	52
2.5.2 Ubicación	52
2.5.3 Espaciamiento	53
2.6 Central de Control y Señalización	53
2.7 Equipo de Alarma	54
2.7.1 Aparatos de alarma eléctricos de acciona- miento manual	54
2.7.2 Artefactos de Señal Audible	56
2.8 Fuente de Alimentación	56
2.9 Circuitos Complementarios	56
CAPÍTULO IV : DISEÑO DEL SISTEMA DE EXTINCIÓN	58
1. SELECCIÓN DEL SISTEMA	58
1.1 Generalidades	58
1.2 Tipos de Sistemas	59
1.2.1 Sistema de Sprinklers	59
1.2.2 Sistema de Dióxido de Carbono	60
1.2.3 Sistema de Halón 1301	60
1.3 Criterios de Selección.....	60
1.3.1 Sistema de Sprinklers	61
1.3.1.1 Eficiencia	61
1.3.1.2 Rapidez	61
1.3.1.3 Limpieza	61
1.3.1.4 Efectos a las personas	62
1.3.2 Sistema de Dióxido de Carbono	62
1.3.2.1 Eficiencia	62
1.3.2.2 Rapidez	62

1.3.2.3 Limpieza	62
1.3.2.4 Efectos a las personas	63
1.3.3 Sistema de Halón 1301	63
1.3.3.1 Eficiencia	63
1.3.3.2 Rapidez	64
1.3.3.3 Limpieza	64
1.3.3.4 Efectos a las personas	64
1.4 Selección	65
2. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE EXTIN- CIÓN DE HALÓN 1301	66
2.1 Porcentaje de Agente en la Tubería	66
2.2 Caudal mínimo en la Tubería	67
2.3 Te con Salida Lateral	68
2.4 Te con Salida Bilateral	68
2.5 Requerimientos de Temperatura	69
2.6 Distancia mínima al Primer Ramal	69
2.7 Balance del Sistema	71
3. DISEÑO DEL SISTEMA DE EXTINCIÓN DE HALÓN 1301 ..	71
3.1 Generalidades	71
3.2 Procedimiento de Diseño	71
3.3 Concentración de Diseño	72
3.4 Volumen del Riesgo	72
3.5 Encerramiento del Riesgo y Contención del Ha- lón	72
3.6 Cantidad de Halón 1301	73
3.7 Localización de Toberas	75
3.7.1 Área de cobertura	75
3.7.2 Caudal requerido	75
3.7.3 Altura del Techo	75
3.7.4 Ángulo de Distribución	76
3.8 Localización de Cilindros y Tubería	76
3.8.1 Selección del Cilindro	76
3.8.2 Ubicación del Cilindro	77
3.9 Verificación de seguridad de la Concentración ..	77
3.10 Determinación de la Distribución de la Tube- ría	80
3.10.1 Isométrico	80
3.10.2 Volumen de la Red	80
3.10.3 Longitud Equivalente y Elevación	81
3.11 Cálculos de Diseño	82
3.11.1 Porcentaje de Agente en la Tubería	82
3.11.2 Cálculo de la Presión Media	83
3.11.3 Pérdida de Presión en la Tubería	83
3.11.3.1 Primer Tramo	85
3.11.3.2 Tramos Posteriores	86
3.11.4 Cálculo del Área de las Toberas	87
3.12 Equipamiento Adicional necesario	90

CAPÍTULO V : COSTOS DE INVERSIÓN	91
1. METRADO Y PRESUPUESTO	91
1.1 Sistema de Detección de Incendios	92
1.2 Sistema de Extinción de Halón 1301	93
1.3 Resumen	95
2. ANÁLISIS ECONÓMICO	95
2.1 Costo Anual Equivalente (CAE)	96
2.1.1 Consideraciones Generales	96
2.1.2 Cálculo del Valor Actual Neto (VAN)	96
2.1.3 Cálculo del Costo Anual Equivalente (CAE) .	97
2.2 Pérdida Anual Esperada (PAE)	97
2.2.1 Cálculo de la Frecuencia Anual Esperada ...	98
2.2.2 Cálculo de la Pérdida Anual Esperada (PAE)	99
2.3 Resultados	100
 CONCLUSIONES	 101
 RECOMENDACIONES	 102
1. A Nivel del Instituto	102
2. A Nivel del Centro de Cómputo	103
 BIBLIOGRAFÍA	 105
 ANEXO	 109

FIGURAS

- Fig. III-2.3 : Sistema de Detección y Extinción ..	50
- Fig. A-IV-2.3 (a) Te con Salida Lateral	A-4
- Fig. A-IV-2.3 (b) Te con Salida Bilateral	A-4
- Fig. A-IV-3.7 Área de Riesgo Máxima y Colocación Máxima de la Tobera	A-6
- Fig. A-IV-3.11.2 Presión Media de almacenamiento VS Porcentaje de suministro necesario para llenar la Tubería	A-12
- Fig. A-IV-3.11.3 Densidad de la Tubería para Sis- temas de 360 psi basados en la expansión a ental- pía constante	A-16

TABLAS

- Tabla I-3.4.1 Nomenclatura del Halón 1301	20
- Tabla II-2.5 Número de Detectores	54
- Tabla IV-3.4 Volumen del Riesgo	73
- Tabla IV-3.6 Cantidad de Halón 1301	74
- Tabla IV-3.9 Verificación de la Concentración del Halón 1301	78
- Tabla IV-3.10.2 Volumen de la Red	80
- Tabla IV-3.10.3 Longitud Equivalente (LE) y Elevación (Elev)	82
- Tabla IV-3.11.3.2 Pérdida de Presión	87
- Tabla IV-3.11.4 (a) Área de las Toberas	88
- Tabla IV-3.11.4 (b) Orificios de las Toberas	89
- Tabla A-IV-2.1 (a) Valores para Densidad de Llenado, K1 y K2 a distintos Pesos del Agente	A-1
- Tabla A-IV-2.1 (b) Valores para Densidad de Llenado, K1 y K2 a distintos Pesos del Agente	A-2
- Tabla A-IV-2.2 Caudal Mínimo de Diseño para asegurar un flujo turbulento	A-3
- Tabla A-IV-2.5 Tabla de Valores de "M"	A-5
- Tabla A-IV-3.7 Tabla de Toberas Clasificadas por Tamaño	A-7
- Tabla A-IV-3.9 Tabla de Valores de S	A-8
- Tabla A-IV-3.10.2 (a) Tabla para Estimar el Diámetro de la Tubería Schedule # 40	A-9
- Tabla A-IV-2.10.2 (b) Volumen de la Tubería Standard	A-10
- Tabla A-IV-3.10.3.3 (a) Longitud Equivalente de Accesorios Roscados	A-11
- Tabla A-IV-3.10.3.3 (b) Longitud Equivalente de los Componentes del Sistema de Ingeniería Pyr-A-Lon 1301	A-11
- Tabla A-IV-3.11.3 (a) Halón 1301 a 360 psi y 60 lbs/cuft valores de Y y Z	A-13
- Tabla A-IV-3.11.3 (b) Halón 1301 a 360 psi y 50 lbs/cuft valores de Y y Z	A-14
- Tabla A-IV-3.11.3 (c) Halón 1301 a 360 psi y 59.4 lbs/cuft valores de Y y Z	A-15
- Tabla A-3.11.4 Drilling Schedule de 1"NPT Tobera E Tipo 360 Cuatro Orificios	A-17

DIAGRAMAS

- Diagrama I: Centro de Cómputo	35
- Diagrama II: Sistema de Detección de Incendios ...	55
- Diagrama II: Sistema de Extinción de Halón 1301 ..	79

INTRODUCCIÓN

Un *Centro de Cómputo* (CC) en la actualidad constituye un instrumento común y vital, y su importancia estratégica está ligada a un funcionamiento ininterrumpido.

La protección contra incendios de estos centros se hace necesaria debido a: el alto valor de los equipos de procesamiento de datos; la vulnerabilidad del equipo y de las unidades de almacenamiento de información al calor y a los humos; y el clima actual de violencia subversiva que hace de estos centros objetivos primarios de actos incendiarios terroristas.

Los objetivos principales del trabajo son:

a) Proporcionar un procedimiento para el diseño de un sistema contra incendios automático e idóneo para un CC mediano. Diseño hecho en función a una previa evaluación del riesgo de incendio.

b) Comprobar que la inversión realizada por la implementación del sistema antes mencionado es menor que el costo de su no implementación.

El objetivo secundario es el de incursionar como Ingeniero de Higiene y Seguridad Industrial, en el campo de contra incendios y en especial en el área de diseño.

El trabajo comienza con las bases teóricas de la detección de incendios, de los sistemas de extinción utilizados en un CC y las pautas para realizar la evaluación de un riesgo.

El segundo capítulo presenta la evaluación del riesgo de incendio en nuestro CC, el mismo que comprende: el análisis del riesgo, donde se especula sobre los agentes causantes y receptores del daño, y su ámbito; y la evaluación de vulnerabilidades, donde se determinan las condiciones de riesgo existentes.

El tercer capítulo contiene el diseño del sistema de

detección, considerando normas internacionales y catálogos de información técnica de los equipos a utilizar.

El cuarto capítulo es sobre el diseño del sistema de extinción. Empieza con la selección del sistema a utilizar entre tres probables alternativas. Contiene, además, los requerimientos de diseño y los cálculos del mismo.

La selección final del sistema a emplear (Halón 1301) coincide con unos 40 centros de cómputo de diversas Empresas e Instituciones que en el país utilizan tal sistema.

El quinto capítulo se refiere a los costos de inversión. Se presupuesta el proyecto y se hace análisis económico de su ejecución.

El trabajo realizado, que si bien es un aporte por la metodología aportada, adolece de una evaluación de riesgos más profunda como el autor hubiese deseado realizar.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

El presente proyecto se basa en los siguientes planteamientos:

1. EVALUACIÓN DEL RIESGO

1.1. Definición

Se considera *Evaluación del Riesgo* al resultado cualitativo y cuantitativo del Análisis de Riesgos (contra qué se necesita protección) y del Análisis de las Vulnerabilidades (qué se necesita proteger).(22)

1.2. Análisis del Riesgo

Se considera *Análisis del Riesgo* al "estudio pormenorizado de los riesgos y amenazas que todo proyecto presentará en mayor o menor medida, empleando métodos

científicos y modelos matemáticos."

El análisis del riesgo se efectúa atendiendo a tres variables:

- El sujeto causante del daño.
- El sujeto receptor del daño.
- El ámbito o localización.

1.2.1. Sujeto Causante del Daño

Se refiere a los sujetos o agentes causantes de los daños o de las pérdidas. En general los sujetos causantes de un daño se ubican dentro del contexto de los siguientes riesgos:

- Riesgos de la naturaleza
- Riesgos biológicos
- Riesgos tecnológicos
 - Riesgos químicos
 - Riesgos físicos
 - Riesgos nucleares
 - Riesgos técnicos
- Riesgos derivados de las actividades sociales.
 - En el trabajo y las actividades profesionales.
 - En la circulación y el transporte
 - En el hogar
- Riesgos derivados de las actividades antisociales.
 - Robo con fractura

- Explotación o atraco
- Vandalismo y pillaje
- Sabotaje y terrorismo
- Espionaje
- Ataques o secuestros
- Manipulación de la información.

1.2.2. Sujeto Receptor del Daño

Se refiere a los sujetos pacientes o receptores de los daños o pérdidas. Pueden ser:

- Personas
- Ambiente natural
- Bienes y patrimonio
- Actividades sociales

1.2.3. Ámbito o Localización

Se refiere al medio en que se desarrollan los agentes causantes de los daños o pérdidas. Pueden ser:

- Medio terrestre
 - Edificio urbano
 - Edificio de uso residencial
 - Edificio de uso laboral
 - Edificio de carácter institucional
 - Edificio y locales de pública concurrencia

- Instalaciones industriales y agropecuarias
 - Ámbito urbano
 - Ámbito rural
- Vías y espacios públicos
- Medios de transporte público
- Medio marítimo y fluvial
 - Puertos
 - Costas y playas
 - Embarcaciones
 - Espacio marítimo
- Medio aéreo
 - Aeropuertos
 - Aviones
 - Espacio aéreo (23)

1.3. Evaluación de Vulnerabilidades

Una vez efectuado el Análisis del Riesgo, y a la vista de los datos obtenidos en él, se realiza la *Evaluación de las Vulnerabilidades*; es decir, la evaluación de las amenazas potenciales que pueda haber en cada caso, del grado de peligrosidad que ofrece la situación y de los puntos realmente vulnerables que presenta el caso como conclusión. (23)

2. SISTEMA AUTOMÁTICO DE DETECCIÓN DE INCENDIOS

2.1. Definición

Se denomina *Sistema Automático de Detección de Incendios* (SADI) al conjunto de elementos o dispositivos interconectados eléctricamente que tienen por objetivo no sólo la detección de un incendio en los primeros momentos de su desarrollo, sino también:

- La localización de la zona en que se encuentra.
- La transmisión de la alarma a las fuerzas de intervención, y
- El control de sistemas automáticos de extinción y acondicionamiento del ambiente para su descarga.

2.2. Importancia

La importancia de un SADI radica en que al tenerse aviso temprano de la generación de un incendio, se tiene tiempo para poner a salvo a las personas del ámbito del incendio y combatirlo en sus inicios, cuando su magnitud no es considerable.

2.3. Componentes

Un SADI está constituido fundamentalmente por los siguientes elementos:

- Detectores Automáticos
- Central de Señalización y Control.

- . Dispositivos de Alarma

2.3.1. Detectores Automáticos

Constituidos por sensores que responden a algunos de los fenómenos asociados al fuego (gases invisibles, humos visibles, llamas y calor) con el objeto de detectarlos sin intervención humana.

Los tipos de detectores automáticos de incendio son:

2.3.1.1. Detectores de Humos

- . Detector Iónico de Humos: Estos detectores responden tanto a los gases invisibles como a los humos visibles procedentes de la combustión. Además, "los detectores de ionización se emplean con profusión en zonas de computadores y equipos de EDP."(10) (EDP: Procesamiento Electrónico de Datos).
- . Detector Óptico de Humos (o Fotoeléctrico): Es el detector más utilizado. Su funcionamiento se basa en el principio de la dispersión de la luz por el efecto Tyndall (dispersión de luz originada por partículas muy pequeñas interpuestas en la trayectoria del rayo luminoso).

2.3.1.2. Detector Óptico de Llamas

Detecta la radiación infrarroja, cuya frecuencia está comprendida entre 2 y 30 Hz, que es la gama de frecuencias que corresponde al parpadeo de las llamas.

2.3.1.3. Detector Térmico/Termovelocimétrico

Responde a la velocidad de variación del gradiente de la temperatura.

2.3.2. Central de Señalización y Control

La unidad de control es el cerebro del sistema. Provee energía al sistema y supervisa eléctricamente los circuitos. Contiene los circuitos lógicos para recibir las señales de los dispositivos de iniciación y transmitirlos a los artefactos indicadores y equipo suplementario. (17)

Principalmente permite:

- Recibir la señal enviada por los detectores.
- Indicar la alarma en forma visual o sonora.
- Accionar los dispositivos de alarma y de mando de lucha contra el fuego. Por ejemplo, disparo de una instalación de extinción por halón ó CO_2 .
- Vigilar la instalación e indicar los defectos de la misma. Por ejemplo, producir señales ópticas y acús-

ticas de avería en caso de haber problemas de presión de las botellas del agente extintor, de haber cortocircuito o circuito abierto de las líneas de los detectores o de los artefactos de alarma, etc.

2.3.3. Dispositivos de Alarma

Son aquellos artefactos indicadores acústicos y ópticos que señalan la detección de un incendio. Entre los indicadores acústicos se tienen las campanas, zumbadores, bocinas, sirenas y parlantes. Entre los indicadores ópticos están las lámparas incandescentes o halógenas. (24)

3. SISTEMAS DE EXTINCIÓN PARA UN CENTRO DE CÓMPUTO

3.1. Generalidades

En cuanto a la instalación de un sistema automático de extinción para un centro de procesamiento de datos, como norma general, nos encontramos con tres posibilidades: CO₂, halón 1301 y sprinklers (rociadores automáticos). (9)

Un sistema de extinción se diferencia de los aparatos portátiles o móviles, en que la descarga del agente extintor se hace automáticamente sin intervención de una persona. (10)

3.2. Sistema de Rociadores Automáticos

3.2.1. El Agua

El agua ha sido y es el agente más común en la extinción de incendios, a causa de su fácil disponibilidad y de sus propiedades físicas.

Las propiedades físicas que hacen del agua un excelente agente extintor son: ser un líquido pesado y relativamente estable a temperatura ambiente; tener calor de fusión de 80 cal/gr., calor específico de 1 cal/gr. y calor de vaporización de 539 cal/gr.; y, finalmente, aumentar su volumen al transformarse de líquido a vapor, a presión atmosférica, unas 1,700 veces.

La extinción con agua se puede realizar por diferentes mecanismos, dentro de los cuales están:

• Extinción por Enfriamiento: Generalmente, el fuego se extingue cuando la superficie del material en combustión se enfría por debajo de la temperatura a la que se produce suficiente vapor para mantener la combustión.

• Extinción por Sofocación: Si se genera suficiente vapor es posible desplazar el aire e incluso suprimirlo.

- Extinción por Emulsión: Se logra aplicando agua a determinados líquidos viscosos inflamables, ya que el enfriamiento de la superficie de dichos líquidos impide la emisión de vapores inflamables.
- Extinción por Dilución: Este método se utiliza para extinguir los fuegos de materiales inflamables hidrosolubles en algunos casos.

3.2.2. Usos del Sistema

Se han proyectado sistemas de rociadores automáticos capaces de extinguir o controlar prácticamente cualquier tipo de fuego conocido y producido por cualquiera de los materiales que hoy día se emplean. Es por ello esencial que se utilice el tipo de sistema adecuado al riesgo que debe enfrentarse.

3.2.3. Sistemas de Aplicación

Los sistemas de rociadores automáticos se clasifican básicamente en seis categorías.

3.2.3.1. Sistemas de "Tubería Húmeda"

En estos sistemas los rociadores automáticos están acoplados a un sistema de tuberías, que contienen en todo momento agua a presión.

3.2.3.2. Sistemas de "Tubería Seca" Normales

Los sistemas de tubería seca normales tienen los rociadores acoplados a una tubería, que contiene aire o nitrógeno a presión. Cuando el calor del fuego abre un rociador, se reduce la presión, se abre una "válvula de tubería seca" por la presión del agua y ésta fluye a través de todos los rociadores que se hayan abierto.

3.2.3.3. Sistema de "Acción Previa"

Los sistemas de acción previa son sistemas de tubería seca en los que el aire puede estar o no a presión. Cuando se declara un incendio, entra en acción un dispositivo detector suplementario situado en la zona protegida, abriendo la válvula que permite el paso del agua hacia el sistema de tuberías y su descarga a través de los rociadores automáticos que se hayan abierto debido al calor que produce el fuego.

3.2.3.4. Sistema de "Diluvio"

Estos sistemas son similares a los de acción previa, excepto que todos los rociadores están constantemente abiertos. Cuando el calor del fuego activa el detector, el agua fluye hacia los rociadores y se descarga a través de todos ellos, produciendo un

"diluvio" o inundación total en la zona protegida.

3.2.3.5. Sistemas combinados de Tubería Seca y de Acción Previa

Combinan las características esenciales de los dos tipos descritos.

3.2.3.6. Sistemas de Suministro Limitado de Agua

Consisten en rociadores automáticos montados en la forma normal, en cuanto a la tubería y a las distancias, pero tienen un suministro reducido de agua."

3.2.4. Componentes del Sistema

El sistema está constituido por una combinación de dispositivos para la descarga de agua (rociadores), una o más fuentes de aprovisionamiento de agua a presión, dispositivos para controlar el paso de agua (válvulas), tuberías de distribución para suministrar el agua a los dispositivos de descarga y equipo auxiliar como alarmas y medios de supervisión. (10)

3.3. Sistema de Extinción de Dióxido de Carbono

3.3.1. El Dióxido de Carbono

Las propiedades físicas del dióxido de carbono (CO_2) son: densidad de 1.5 veces la del aire a la

misma temperatura; no ser combustible y no reaccionar con la mayor parte de las sustancias; no conducir la electricidad ni dejar residuos en forma de gas o como sólido finamente dividido (nieve).

El CO_2 actúa reduciendo el contenido de oxígeno en la atmósfera, mediante dilución, sofocando la combustión. Además, tiene un efecto refrigerante que resulta beneficioso aplicarlo directamente sobre el material que arde.

La capacidad de enfriamiento del hielo seco varía desde 60 Btu (33 kcal por kg) del líquido almacenado a alta presión hasta 110 Btu (60 kcal/kg) cuando se almacena a baja presión. Esto representa una décima parte de la capacidad de enfriamiento del agua por evaporación. (10)

3.3.2. Usos y Limitaciones

Los sistemas de extinción de dióxido de carbono son útiles, dentro de los límites de la Norma NQ12 de la National Fire Protection Association (NFPA), para la extinción de fuegos en riesgos o equipos específicos, y en ocupaciones donde: es esencial o preferible un medio eléctricamente no conductor e inerte, la limpieza de otro agente presenta un problema o cuando es más económico que instalar sistemas que utilizan otro

agente.

Algunos de los tipos más importantes de riesgos y equipos que pueden ser protegidos satisfactoriamente por los sistemas de dióxido de carbono son:

- Materiales líquidos inflamables.
- Riesgos eléctricos, tales como transformadores, interruptores de aceite e interruptores eléctricos, equipo rotativo y equipo electrónico.
- Motores que utilizan gasolina u otro combustible líquido inflamable.
- Combustibles ordinarios, tales como papel, madera y textiles.
- Sólidos peligrosos.

El dióxido de carbono no extingue fuegos que impliquen activamente en los procesos de combustión, materiales como:

- Productos químicos conteniendo su propia fuente de suministro, tales como el nitrato de celulosa.
- Metales reactivos, tales como el sodio, potasio, magnesio, titanio y zirconio.
- Hidruros metálicos. (15)

3.3.3. Sistemas de Aplicación

Los sistemas utilizados en la aplicación del CO₂ con fines de extinción automática son:

3.3.3.1. Sistemas de Inundación Total

El objetivo es crear una atmósfera extintora en un recinto cerrado. La cantidad de CO_2 requerida se calcula teniendo como base al volumen de la habitación y el material combustible que exista dentro del recinto.

La concentración mínima empleada en los sistemas de inundación total es de 34% en volumen de CO_2 para materiales de combustión superficial, tales como algunos líquidos combustibles. Los cableados eléctricos, incluyendo pequeños aparatos eléctricos, necesitan el 50%. El papel en cantidades masivas requiere el 65% y los almacenes de pieles y colectores de polvo el 75%.

3.3.3.2. Sistemas de Aplicación Local

En estos sistemas, el dióxido de carbono se aplica directamente a las superficies en combustión. El objeto es cubrir todas las superficies combustibles mediante toberas emplazadas estratégicamente, a fin de extinguir las llamas lo más rápidamente posible.

No es fundamental disponer de un cerramiento, pero ello ayuda a retener el CO_2 en la zona de incendio.

3.3.4. Componentes del Sistema

Los tipos de almacenamiento están determinados por el sistema que se proyecta, pudiendo ser a alta o baja presión.

Los recipientes para almacenamiento a alta presión (normalmente cilindros) están diseñados para almacenar al CO_2 en forma líquida a temperatura atmosférica. Los recipientes para almacenamiento a baja presión se mantienen mediante su aislamiento y refrigeración mecánica a una temperatura de 0°F (-17°C). Las bajas presiones de almacenamiento hacen posible almacenar económicamente cantidades que van desde 500 libras (227 kg) hasta varios cientos de toneladas.

En la distribución se emplean sistemas de tuberías, normalmente vacías, para transportar el anhídrido carbónico desde el depósito a las boquillas (toberas) abiertas, situadas en los puntos peligrosos que se desean proteger.

Se dispone de una gran variedad de boquillas de extinción de incendios, de acuerdo al tipo de sistema: de inundación total o de aplicación local.

En sistemas de inundación total las boquillas utilizadas pueden consistir en simples orificios que proporcionen chorros a alta velocidad, orificios parcialmente apantallados para velocidad reducida o

una forma de descarga determinada. Los modelos de alta velocidad proporcionan una concentración uniforme de CO_2 , a través del recinto. Los modelos de baja velocidad tienen tendencia a generar altas concentraciones en los niveles más bajos.

En sistemas de aplicación local, las toberas, que generalmente se emplean, se diseñan para trabajar a velocidades de descarga relativamente bajas, a fin de impedir salpicaduras de combustibles líquidos y también para minimizar turbulencias y entradas de aire.

(10)

3.4. Sistema de Extinción de Halón 1301

3.4.1. El Halón 1301

El *bromotrifluorometano* se conoce actualmente como *halón 1301*.

El sistema simplificado de nomenclatura (ver Tabla I-3.4.1) describe la composición química de los materiales sin necesidad de emplear nombres químicos ni abreviaturas.

(10)

Tabla I-3.4.1

Nomenclatura del Halón 1301

Dígito	Primer	Segundo	Tercero	Cuarto	Quinto
Nombre	1	3	0	1	0
Átomos de	Carbono	Flúor	Cloro	Bromo	Iodo

Las propiedades físicas del halón 1301 son: ser un

gas incoloro e inodoro con una densidad de aproximadamente 5 veces la densidad del aire; no dejar residuos corrosivos o abrasivos después de su empleo; no ser conductor de la electricidad y poseer alta densidad en estado líquido, lo que permite el empleo de contenedores compactos de almacenamiento. (16)(10)

El mecanismo de extinción de los agentes halogenados no está totalmente esclarecido. Sin embargo, no hay duda de que existe una reacción química que interfiere en el proceso de combustión. Estos agentes actúan eliminando los elementos químicos activos que intervienen en las reacciones en cadena de la llama (proceso conocido como *rotura de cadena*). Aunque todos los halones son activos de esta manera, el bromo es mucho más efectivo que el cloro o el flúor(10)

3.4.2. Usos y Limitaciones

Los sistemas de extinción de halón 1301 son útiles, dentro de los límites de la Norma NQ12A, para extinción de fuegos en riesgos o equipos específicos y en ocupaciones donde: es esencial o preferible un medio no conductor de electricidad, la limpieza de otros medios representa un problema o donde es un factor el peso del agente vs. potencial de extinción.

El halón 1301 es efectivo en la extinción de fuegos

superficiales, tales como líquidos inflamables, y en la mayoría de los materiales sólidos combustibles; excepto para unos pocos metales activos e hidruros metálicos y materiales que contienen sus propios oxidantes, tales como el nitrato de celulosa, la pólvora, etc. (10)(16)

Algunos de los tipos de riesgos y equipos más importantes, que pueden ser protegidos por los sistemas de Halón 1301 son:

- Materiales inflamables gaseosos y líquidos.
- Riesgos eléctricos tales como transformadores, interruptores, y equipo rotatorio.
- Motores que utilizan gasolina u otro combustible inflamable.
- Combustibles ordinarios, tales como papel, madera, y textiles. La efectividad de la extinción está limitada en fuegos profundos cuando se emplea una concentración de halón menor del 10%, ya que existe peligro de reignición una vez disipada esta concentración.(10)
- Sólidos peligrosos.
- Computadores electrónicos, equipo de procesamiento de datos y cuartos de control.

El halón 1301 no ha sido encontrado efectivo sobre lo siguiente:

- Ciertos productos químicos o mezclas de productos químicos, tales como nitrato de celulosa y pólvora, que son capaces de una oxidación rápida en ausencia de aire.
- Metales reactivos, tales como sodio, potasio, magnesio, titanio, zirconio, uranio y plutonio.
- Hidruros metálicos.
- Compuestos químicos capaces de experimentar una descomposición autocatalítica, tales como ciertos peróxidos orgánicos e hidrácidos. (16)

3.4.3. Sistemas de Aplicación

Los sistemas de halón 1301 aceptados por las normas NFPA son:

3.4.3.1. Sistemas de Inundación Total

Estos sistemas se instalan para proteger recintos total o parcialmente cerrados. Se descarga una cantidad suficiente de agente extintor dentro del espacio cerrado para proporcionar una concentración uniforme de agente extintor en todo el espacio.

El halón 1301, en virtud de su baja toxicidad, alta volatilidad y poco peso molecular, ofrece ventajas especiales para estos sistemas.

3.4.3.2. Sistemas de Aplicación Local

Estos sistemas descargan el agente extintor, de modo que el objeto incendiado quede localmente rodeado por una concentración elevada suficiente para sofocar el fuego. En estos sistemas de aplicación, ni la cantidad de agente, ni la disposición de las boquillas de descarga es suficiente para lograr la inundación total del recinto, donde se encuentra el objeto que se intenta proteger.

Debido a su menor volatilidad, el halón 1211 es muy apropiado para este tipo de sistemas.

3.4.4. Componentes del Sistema

Un sistema está constituido por un depósito de agente extintor, un medio para liberar o propulsar el agente desde el recipiente y una o más lanzas o boquillas de descarga con que aplicarlo sobre el objeto que se pretende proteger, esté o no incendiado.

El suministro de halón 1301 será almacenado en recipientes diseñados para mantenerlo licuado a temperaturas ambientales, para esto se emplean comúnmente cilindros o esferas de acero a presión, que llegan a contener entre unos pocos a varios cientos de kilos de agente extintor. (10)

La Norma NQ12A de la NFPA para el Halón 1301 (16),

exige que los envases de almacenamiento estén superpresurizados con nitrógeno.

CAPÍTULO II

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO

El presente trabajo está específicamente aplicado a un *Centro de Cómputo* (CC) perteneciente a una Institución Académica de Lima, Perú.

La siguiente evaluación del riesgo de incendio del CC se hace con el fin de conocer las condiciones del mismo y elaborar el proyecto con mayor aproximación.

1. ANÁLISIS DEL RIESGO

El análisis se hace tomando como base la metodología de Sánchez (22)(23); presentada en el primer capítulo. Se contemplan las posibles causas y daños de un incendio originado en nuestro CC.

1.1. Sujeto Causante del Riesgo

1.1.1. Riesgos causados por Fenómenos Naturales

De los varios fenómenos naturales, por la ubicación geográfica del CC, el único que efectivamente obliga a pensar en un riesgo incendio, en caso de suscitarse, es el *sismo*, ya que su ocurrencia es de mayor probabilidad que el resto. Dicho fenómeno natural puede originar un cortocircuito, y éste a su vez derivar en un incendio.

1.1.2. Riesgos Tecnológicos

1.1.2.1. Riesgos de Combustión

Los materiales combustibles y fuentes de energía que pueden participar y originar respectivamente un incendio en un CC son:

(a) Materiales Combustibles: Dentro de estos tenemos a los sólidos combustibles y a los equipos eléctricos y electrónicos.

· Sólidos Combustibles: principalmente tenemos:

- Plásticos (cables, cintas, equipos, etc).
- Madera (mobiliario, enchapes, tabiques, etc).
- Papelería.

· Equipos Eléctricos: tablero general, equipos de procesamiento de datos, equipos de acondicionamiento de aire, etc.

(b) Fuentes de Energía: Dentro de las fuentes capaces de producir un incendio tenemos:

- Superficies calientes: originadas por transformadores, sobrecalentamiento de equipo eléctrico y conductores, etc.
- Cortocircuito: a causa de una sobretensión en un equipo eléctrico o medio de conducción.

1.1.2.2. Riesgos Técnicos

Destacan los *procedimientos erróneos de operación* que aumentan el riesgo de incendio, tales como: el almacenamiento indebido de material combustible en grandes cantidades, la realización de trabajos de mantenimiento en caliente dentro del CC, entre otros.

1.1.3. Riesgos derivados de las Actividades de Trabajo y Profesionales

Se encuentran los *actos producidos por error y por negligencia*, tales como: conexiones eléctricas deficientes, sobrecarga de puntos de alimentación eléctrica y por fumar dentro de estos ambientes, entre otros.

1.1.4. Riesgos originados por las Actividades Antisociales

Se consideran, principalmente, los originados por *actos incendiarios terroristas*, ejecutados por grupos subversivos. Este riesgo es grande por la naturaleza de la Institución (blanco elegido por los grupos antes mencionados), y por la importancia que tiene el CC en su labor.

1.2. Sujeto Receptor del Daño

1.2.1. Personas

Las personas susceptibles de sufrir daños son las que laboran en el CC: investigadores, empleados, docentes y estudiantes, así como los visitantes. Los productos de la combustión (humos, gases, calor, llamas), pueden originar quemaduras, intoxicaciones y asfixia a dicho personal.

1.2.2. Bienes y Patrimonio

Los bienes de una institución podemos clasificarlos en tangibles e intangibles:

Dentro de los *bienes tangibles*, que pueden resultar afectados en caso de incendio, están: la edificación, el equipo de cómputo y conexos, el mobiliario, etc.

Los daños que ocasiona un incendio, pueden ser

debidos a: derrumbamientos, combustión, deformaciones parciales producidas por la radiación, hollín, gases del incendio, y a los agentes de extinción. (7)

Dentro de los *bienes intangibles*, que pueden resultar afectados en caso de incendio, están principalmente la información y los trabajos almacenados en la base de datos, así como el tiempo originado por la paralización de actividades, según se detalla en el siguiente punto.

1.2.3. Actividades Laborales

Las actividades que realiza el CC principalmente son operativas (registro de información, impresiones) y de servicio.

Según los daños originados por el incendio, la paralización de las actividades del CC puede ser parcial o total.

1.3. Ámbito o Localización

El CC pertenece a una *Institución de Investigación y Capacitación*, ubicada en un área urbano populosa de la ciudad de Lima.

Esta Institución pertenece a una entidad pública, por lo que tienen acceso a la misma una gran cantidad de personas, entre éstas estudiantes de universita-

rios.

2. Evaluación de Vulnerabilidades

Con base en el análisis del riesgo se hace la evaluación de vulnerabilidad del CC, en conformidad con la Norma N975 de la NFPA (14), el Manual de Aalders(1), CAPECO(3), entre otros.

2.1. Ubicación

1. La mencionada Institución, cuyo centro de cómputo es objeto de estudio, se sitúa en la ciudad de Lima, en una zona populosa y colindante con asentamientos humanos. Esto incrementa el riesgo de un atentado por la facilidad existente de planificación y escape del lugar luego de haberlo ejecutado.
2. El local del CC se encuentra ubicado en el segundo piso del Edificio Administrativo.
3. Los límites del centro de cómputo son:

LIMITE	AMBIENTE
Norte	Libre.
Sur	Libre y Biblioteca.
Este	Hall y escaleras.
Oeste	Libre.

LIMITE	AMBIENTE
Inferior	Oficinas Administrativas y de Profesionales.
Superior	Libre (futura ampliación).

4. Por la separación y barreras físicas, los edificios adyacentes no suponen un riesgo de propagación del fuego.

2.2. Control de Accesos

1. El ingreso a la Institución se realiza por dos puertas contiguas, una para peatones y otra para vehículo, y está controlado por una caseta de vigilancia. No existe ningún control del ingreso al Edificio Administrativo, por lo que personas ajenas a éste, pueden acceder fácilmente al CC y atentar contra el mismo.
2. El control de acceso al CC se realiza por un intercomunicador con portero eléctrico. La puerta se mantiene permanentemente cerrada, sólo para permitir el acceso de personas autorizadas.

2.3. Características del Centro de Cómputo

2.3.1. Generalidades

1. El CC abarca un área de 100 m².
2. El CC comprende los siguientes ambientes:

AMBIENTE	USO GENERAL
Sala 0	Almacén de Medios de Registro de Información.
Sala 1	Sala del Computador.
Sala 2	Sala de Diseño.
Sala 3	Sala.
Sala 4	Sala.
Sala 5	Sala de Terminales.
Biblioteca	Biblioteca de software y de material bibliográfico.
Baño	Servicios Higiénicos.
Corredor	Acceso a los diferentes ambientes.

3. El CC tiene instalado el siguiente equipamiento:

AMBIENTE	EQUIPAMIENTO
Sala 0	Almacén de Medios de Información. Almacén de Equipos.
Sala 1	CPU Central. Unidad de Cintas. Impresora de Líneas. Controlador Gráfico.
Sala 2	Procesador Gráfico. Digitizador. Pantallas Gráficas. Impresoras de Gráficos. Graficador. Terminales Monocromáticas. Computadora PS/2 con Scanner e Impresora.

AMBIENTE	EQUIPAMIENTO
Sala 3	Terminales Gráficos a color. Impresor Propinter XL. Graficador.
Sala 4	Computador con Disco 70 Mb. Impresora de Páginas. Impresora Propinter XL. Graficador.
Sala 5	Terminales Monocromáticas. Terminales Gráfica a color.

4. Las puertas, a excepción de la principal, son de madera sin tratamiento ignífugo.

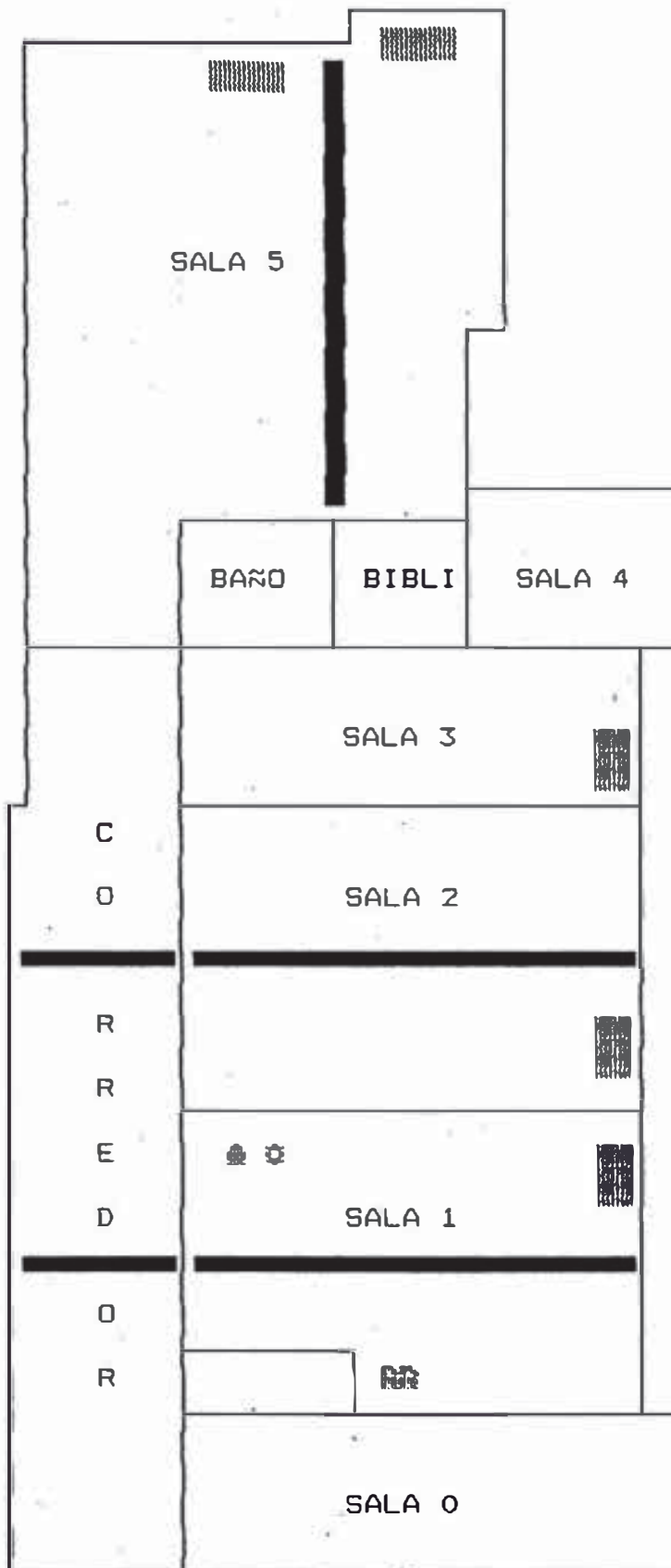
2.3.2. Áreas Colindantes de Riesgo de Incendio

1. La *Biblioteca* adyacente al CC se considera un área de riesgo de incendio por los materiales combustibles propios que contiene, como libros y mobiliario de madera, que en caso de incendio, éste puede extenderse hacia otros ambientes del edificio.
2. La separación entre la *Biblioteca* y el CC está dada por una pared con resistencia al fuego de aproximadamente 2 horas, lo que retardaría la propagación del fuego hacia este ambiente.

2.3.3. Áreas Críticas

1. En el CC existen dos áreas críticas principales con mayor riesgo de incendio que el resto: la Sala del

DIAGRAMA I : CENTRO DE COMPUTO



LEYENDA		ESCALA 1:100	
	Viga		Tablero General
	Equipo de aire acondicionado		Teléfono (Anexo)
			Intercomunicador/Portero

Computador (Sala 1) y el Almacén (Sala 0).

2. La *Sala del Computador* tiene las siguientes características:

- No todo el contorno de la sala tiene una resistencia al fuego de una hora, esto es en la división que lo separa de la Sala 2 y del corredor.
- El techo está dividido en dos por una viga de 35 cm. de altura. Como se verá más adelante, esto contribuye a obstaculizar la propagación de gases y humos, cuya presencia sirve para la detección de un incendio.
- El tabique divisorio con la Sala 2 tiene un enchape de madera, lo que incrementa el material combustible del ambiente.
- El falso piso es de paneles móviles, lo que facilita la revisión y mantenimiento del mismo y de las conexiones existentes. Su estructura es de madera, lo que incrementa el material combustible del ambiente.
- El mobiliario de oficina es principalmente de madera, contrariamente a la Norma NQ72E.
- Los tachos de basura son de material combustible, por lo que en caso de arrojar una cerilla, colilla de cigarro encendida, ésta puede fácilmente derivar en un foco de incendio.
- El tablero general de electricidad se encuentra en este ambiente, por lo que la probabilidad de que se

produzca cortocircuito es mayor.

4. El *Almacén* (Sala 0) como ambiente donde están almacenados los medios de registro de información, se considera también un área crítica. Las características del almacén se desarrollan en el punto 2.5 de este capítulo.

2.3.4. Interiores (Techo/piso/acabados/otros)

1. No hay falso techo, ni hay material combustible recubriendo la superficie inferior del techo, por lo tanto disminuye el riesgo de propagación del incendio.
2. El piso dentro de los ambientes es de vinílico, material combustible, que ayudaría a la propagación de incendio, con excepción del corredor, que es de baldosas tipo mármol.
3. El cuarto de baño dentro del CC no tiene sistema de drenaje, lo que implica un riesgo de inundación.
4. Las Salas 2 y 3 tienen las mismas características de la Sala del Computador, a excepción del falso piso.

2.4. Protección contra Incendios

2.4.1. Protección Pública

1. La estación de bomberos más cercana es la Compañía San Martín de Porras N°65 y se encuentra a unos 10

minutos, pero no existe conocimiento de la capacidad de apoyo que puede brindar.

2. No existen otras instituciones en las cercanías, con las cuales sería factible realizar convenios de apoyo mutuo en caso de incendio.

2.4.2. Sistema de Detección de Incendios

1. La Institución no dispone de un sistema automático de detección. El aviso, en caso de un incendio, depende solamente del personal y de los vigilantes.
2. No existen estaciones manuales de alarma de incendios en el edificio.

2.4.3. Sistema Automático de Detección de Inundación

1. No existe un sistema automático de detección de inundación. En caso de una inundación originada en el baño, el agua podría discurrir por el piso y producir cortocircuitos en presencia de cables (falso piso).

2.4.4. Alarma

1. No existe un sistema de alarma visual o sonora, lo que retardaría la evacuación del personal y el aviso de incendio al exterior.
2. La Institución sólo dispone de una línea telefónica con anexo en el CC, por lo que una comunicación, en

caso de emergencia con fines de alarma, dependería del buen estado de ésta. Un anexo está ubicado en la Sala 1.

2.4.5. Extinción

1. El CC no cuenta con un sistema automático de extinción de incendios, lo que retardaría la extinción del mismo y los daños aumentarían proporcionalmente.
2. Extintores ubicados en el CC no son adecuados para el tipo de riesgo, por ser de polvo químico. En caso de utilizarlos sobre los equipos de cómputo, se produciría serios daños a los mismos por los residuos que dejan.
3. El personal que labora no ha recibido ningún adiestramiento de lucha contra incendios y manejo de extintores. Esto disminuye las posibilidades de extinción del incendio en sus inicios o cuando es un conato.

2.4.6. Planes de Emergencia

1. No existe un plan de emergencia para caso de incendios, lo que es indicador de que nunca se ha considerado seriamente este riesgo dentro de la Institución.
2. No se han dado las directivas ni se han realizado simulacros de evacuación. En caso de ocurrir un incendio cada persona evacuaría según su propio crite-

rio, poniendo de esa manera en riesgo su integridad física, la de los demás y originando más confusión y disipación de acciones.

3. Si bien las vías de evacuación son fácilmente ubicables, no se las ha determinado y mucho menos señalado. En situaciones de emergencia son una necesidad por constituir elementos de apoyo para el personal y visitantes.
4. No se ha contemplado un programa de recuperación de materiales y equipos, luego de haber estado expuestos a los productos físicos y químicos de un incendio y a los agentes usados para combatirlo. Así pues, el daño se incrementaría porque las probabilidades de recuperación son indirectamente proporcionales al tiempo de demora en iniciar el tratamiento de recuperación.

2.5. Protección de Registros

1. El *almacén* (Sala 0) es el ambiente en el cual se guardan los medios electrónicos de registro de información.
2. Se encuentra comunicado con el CC únicamente a través de una entrada con dos puertas, una interior de madera y otra exterior de varillas de fierro, que da a la sala del computador. Si bien la puerta de fierro brinda seguridad física, no constituye, junto con la

- puerta de madera, una barrera física en caso de incendio. Además la puerta no se cierre automáticamente al detectar un fuego.
3. La resistencia al fuego del ambiente es menor de 2 horas, estando por debajo de lo exigido por la Norma N975.
 4. Los medios de registro de información están en archivadores metálicos cerrados o en otros contenedores no combustibles. Con esto, si bien el riesgo de incendio se incrementa por los materiales contenidos, disminuye al almacenarlos en muebles metálicos.
 5. No existen directivas que estipulen la protección de los registros de información en caso de incendio. Es decir, no se ha contemplado la posibilidad de dotar al ambiente de condiciones físicas adecuadas para utilizarlo con ese fin, ni se ha regulado el almacenamiento de materiales.
 6. El almacén se utiliza para guardar también otros materiales (equipos, suministros de papel, cajas de cartón, otros), contribuyendo a aumentar la carga combustible.

2.6. Servicios

2.6.1. Electricidad

1. El tablero general se encuentra en la sala del compu-

tador, como se ha visto en el punto 2.3.3.

2. Los cables de suministro de energía están en ductos, en general, empotrados o fijos a la pared, aumentando la protección y seguridad de los mismos, a excepción de la Sala 1, donde los cables pasan por el falso piso.
3. No hay desconexión automática del fluido eléctrico. De suscitarse un incendio y emplear el agua como agente de extinción, podría aumentar el daño a los equipos.
4. En cada entrada a los ambientes existen interruptores para desconectar la energía de suministro a los tomacorrientes y equipos de computo.
5. Los cables de alimentación y conexión de los equipos están dispersos y además concentrados. Se tiene entonces un riesgo eléctrico con probabilidades de ser un foco de incendio.

2.6.2. Aire Acondicionado

1. El equipo de aire está distribuido como se muestra en el Diagrama I, la misma que es como sigue:

AMBIENTE	Nº DE EQUIPOS
Sala 1	1
Sala 2	1

AMBIENTE	Nº DE EQUIPOS
Sala 3	1
Sala 5	2

2. Estos equipos pueden apagarse independientemente por ambiente y la desconexión conjunta de los mismos es factible por tener una línea de alimentación independiente; por lo que, en caso de emergencia y de utilizar un sistema de extinción automático de incendios, donde se requiera un encerramiento a fin de mantener una concentración interior del agente extintor, se podría desconectar fácilmente.

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIOS

1. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

El Diseño del Sistema de Detección que se aplicará en nuestro CC, está basado en la Norma N°12A(16) y N°72B(12) de la NFPA y en los trabajos de Labodia(8) y de NEMA(17). Se han considerado los siguientes requerimientos:

1.1. Extensión de la Protección

La protección debe abarcar la zona de riesgo en su totalidad, sin olvidar incluir:

- Los espacios cerrados por estantes u otro tipo de pantallas, distantes del techo a menos de 30 cm.
- Los espacios ocultos por encima de falsos techos o

por debajo de suelos.

(8)

1.2. Detectores Automáticos de Humos

Pyrotronics(20) recomienda que su sistema de extinción sea puesto en operación utilizando dos zonas de detectores (zona-cruzada) o por más de un detector operando en secuencia (zona de conteo), con objeto de prevenir que el sistema entre en función debido a alguna condición transitoria.

1.2.1. Selección del Detector

- El detector seleccionado será capaz de responder a los productos particulares, que serán producidos por la combustión de materiales en el área protegida.

1.2.2. Ubicación

- Los detectores deberán instalarse siempre bajo el falso techo o en caso de que no lo hubiera, bajo el techo portante.
- El detector tipo spot será colocado en el techo, a no menos de 6 pulgadas de la pared. De ser sobre la pared, distante entre 6 a 12 pulgadas del techo.
- Se ubicarán detectores tipo spot bajo los espacios del falso piso.

1.2.3. Espaciamiento

- Los parámetros que serán considerados en el espaciamiento son: la forma del techo y de su superficie, la altura del techo, la configuración del contenido, las características de combustión de los combustibles almacenados y la ventilación.
- En techos planos con flujo de aire no forzado, se usará como guía un espaciamiento de 30 pies.
- En construcción avigada:
 - Se considera que el techo es plano si hay vigas de 8 pulgadas de altura o menos.
 - Con vigas sobre las 8 pulgadas de altura, el movimiento del aire caliente y del humo puede ser retardado por la bolsa formada por las vigas. En estos casos, el espaciamiento será reducido.
 - Si las vigas exceden las 18 pulgadas de altura y hay más de 8 pies de separación, cada cavidad será tratada como un área independiente que requiere por lo menos un detector.
- Los detectores no serán localizados cerca a fuentes difusoras de aire.

NOTA: Mira(9) recomienda un detector por cada 25 m² en la sala de ordenadores y de 84 m² para el falso piso.

1.3. Central de Control y Señalización

De preferencia, el equipo central será ubicado en una área de bajo riesgo de incendio.

La cabina de la unidad de control puede ser montada en el piso o ser instalada en una pared vertical en un sitio claro, seco y no obstruido. El centro de la cabina estará a una altura conveniente desde el piso terminado para una fácil operación o uso. (17)

1.4. Equipos de Alarma

1.4.1. Aparatos de alarma eléctricos de accionamiento

manual

- Las cajas serán distribuidas a través del área protegida tal que no estén obstruidas, sean de rápido acceso y estén localizadas en el camino normal de salida del área.
- Cada caja será seguramente montada. Se recomienda que el botón de la caja no esté a menos de 4 1/2 pies y a no más de 6 pies sobre el nivel del piso. (12)

1.4.2. Artefactos de Señal Audibles

Los artefactos audibles indicadores de alarma serán instalados:

- De manera que estén protegidos de los efectos de la temperatura, alimañas, corrosión, humedad y daño

físico.

- Tal que su nivel de sonido esté por lo menos 5 dBA sobre el nivel equivalente de sonido o 5 dBA sobre el nivel de sonido máximo, para así superar los niveles de sonido del ambiente en todas las áreas ocupables. El nivel de sonido equivalente es una presión de sonido ponderada, medida en un período de 24 horas.
- En paredes o techos de acuerdo con instrucciones del fabricante. Serán protegidos con una guarda adecuada si es que hay exposición a algún daño mecánico. (17)

1.5. Suministro de Energía

Todos los sistemas de alarma instalados requieren suministros de energía: uno primario (principal), para operar el sistema; uno secundario (standby), usado para operar el sistema en el caso de una falla de la fuente primaria; y un suministro para las señales indicadoras de problema, capaz de activarlas en caso de interrupción del suministro primario de energía.

El suministro de energía para las señales indicadoras de problema puede ser del mismo suministro secundario de energía. (17)

2. DISEÑO DEL SISTEMA

2.1. Procedimiento de Diseño

En el diseño del sistema de detección se han seguido los siguientes pasos:

- Definición de la extensión del área de protección.
- Configuración del sistema.
- Funcionamiento del sistema.
- Selección y ubicación de los detectores automáticos de incendio.
- Ubicación de la central de señalización y control.
- Selección y ubicación del equipo de alarma.
- Selección del suministro de energía para el sistema.
- Equipo complementario conectado al sistema.

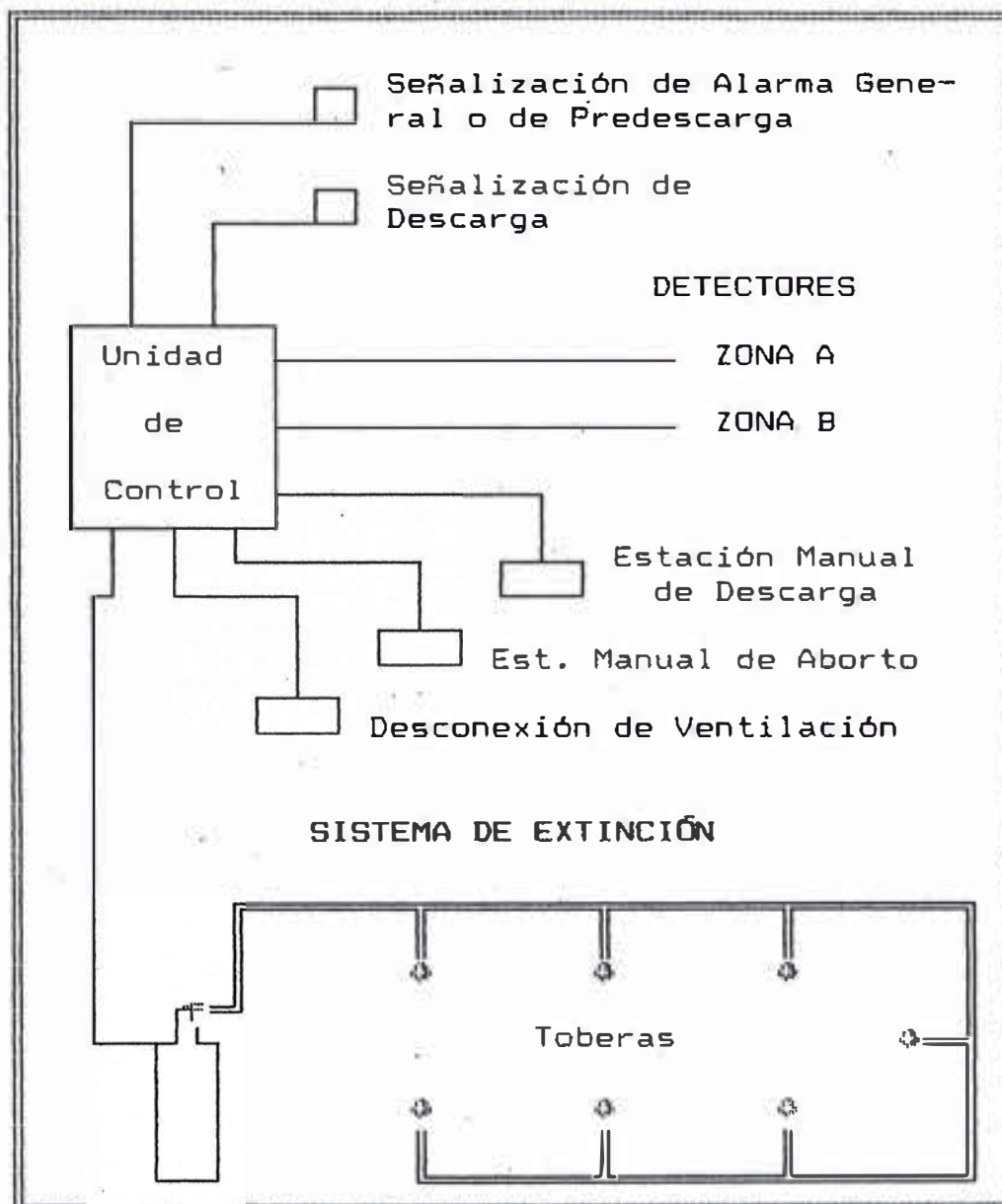
2.2. Extensión de la Protección

El sistema de detección protegerá al Centro de Cómputo en toda su extensión. Esto incluye la totalidad de los ambientes y del falso piso.

2.3. Configuración del Sistema

El sistema de detección propuesto tiene como base la configuración mostrada en la Fig. III-2.3.

Fig. III-2.3: SISTEMA DE DETECCIÓN Y EXTINCIÓN



2.4. Funcionamiento

El Sistema configurado en el punto anterior actúa de la siguiente manera:

- Un detector, al ser activado por los productos de combustión del incendio, enciende la zona de detec-

ción correspondiente (A ó B), y se da una señal audible de alarma general o de predescarga.

- Al activarse un detector de la otra zona de detección, es decir, al estar activadas ya ambas zonas de detección (A y B), se da la señal audible de descarga y se inicia una temporización de 20 segundos.
- Después de la temporización se procede automáticamente a:
 - Desconectar el sistema de acondicionamiento de aire.
 - Abrir la válvula del recipiente de halón 1301, descargando el sistema de extinción en el área protegida.
- Si el fuego no ha activado los detectores o si la magnitud es tal que requiere extinción inmediata, ésta puede hacerse con la estación manual de descarga.
- Si el fuego es controlado o se comprueba que es una falsa alarma, entonces se puede abortar el sistema con la estación manual de aborto.

2.5. Detectores

Se utiliza el sistema de detección de *zona cruzada*, conectando los detectores a las zonas A y B.

2.5.1. Selección

Los detectores serán seleccionados de acuerdo al material de combustión probable, estos son:

AMBIENTE	CONTENIDO	TIPO DE DETECTOR
Sala 0	Almacén de cintas y otros medios de registro.	Óptico de humos o Fotoeléctrico
Sala 1	CPU central y equipos electrónicos.	Iónico
Sala 1 Falso Piso	Cables eléctricos.	Fotoeléctrico
Sala 2	Equipo electrónico.	Iónico
Sala 3	Equipo electrónico.	Iónico
Sala 4	Equipo electrónico.	Iónico
Sala 5	Equipo electrónico.	Iónico
Biblioteca	Material bibliográfico.	Fotoeléctrico
Corredor		Fotoeléctrico

2.5.2. Ubicación

Los detectores serán instalados directamente en el techo, pues los ambientes no cuentan con falso techo.

Se instalarán detectores en el falso piso de la Sala 1.

Los detectores estarán ubicados en el punto medio del área de cobertura del mismo. Ver Diagrama II.

2.5.3. Espaciamiento

El área de cobertura de los detectores a utilizar, es de 900 pies². Este espaciamiento está basado en condiciones ideales, es decir, techo plano, sin movimiento de aire y sin obstáculos físicos entre la fuente del fuego y el detector.(18)(19)

La construcción del techo es avigada, por lo que a cada cavidad se la considera un área de detección independiente. Estas vigas tienen una altura de 0.35 mts ó 14 pulg. aproximadamente.

En el área protegida con el sistema de extinción, cada área independiente, tendrá por lo menos, un detector de incendio. Por ejemplo, la Sala 1, Sala 2, Sala 3 tendrán dos detectores en cada área independiente, respetando el sistema de operación de zona cruzada.

El número de áreas independientes y de detectores se detalla en la Tabla II-2.5.

2.6. Central de Control y Señalización

Estará ubicada dentro de la Sala 5, en una área de menor riesgo de incendios y, además, fuera del área

protegida por el sistema de extinción. Esto se hace así para brindar una mayor protección física y evitar una manipulación no autorizada o su anulación.

La central será montada sobre una pared vertical del mencionado ambiente (Ver Diagrama II).

Tabla II-2.5 : NÚMERO DE DETECTORES

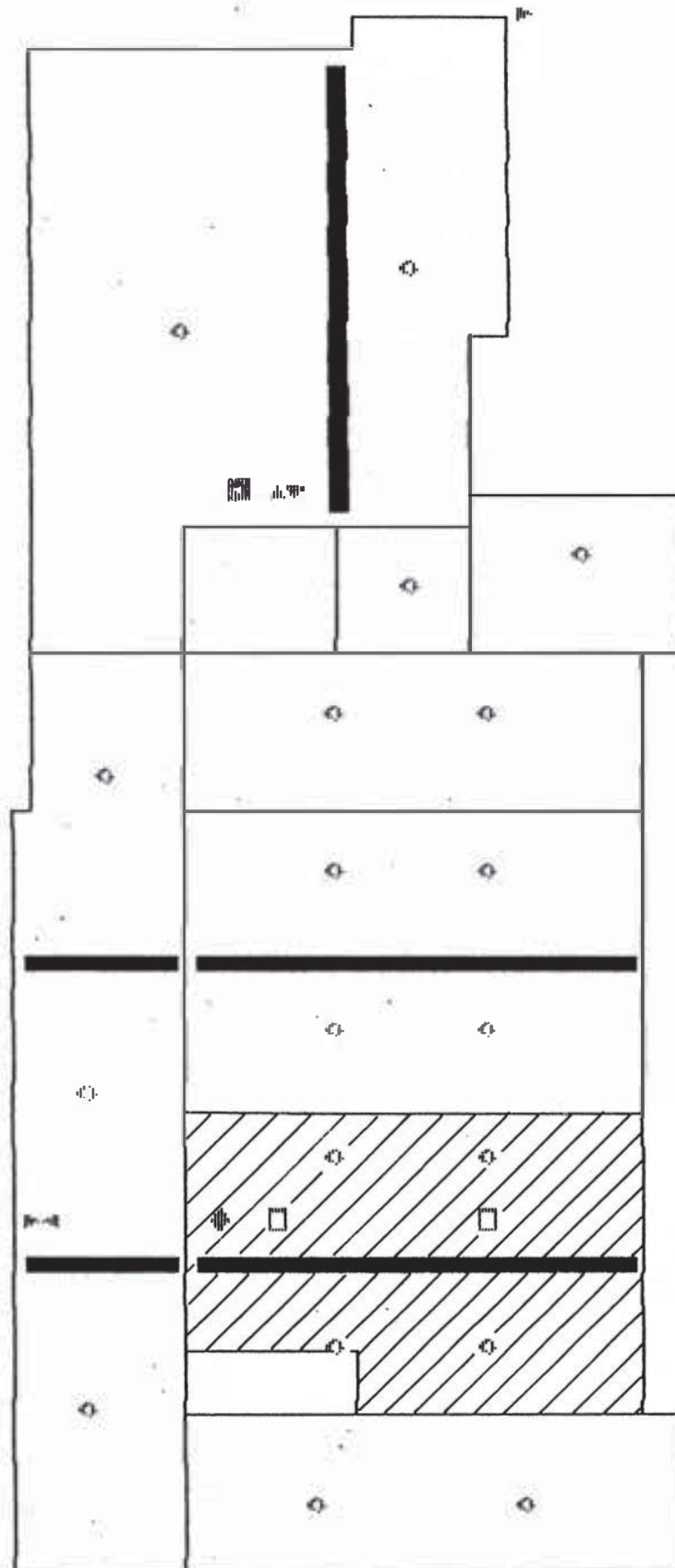
Ambiente	Áreas independientes	Área(m ²) de Cobertura	Número de Detectores		
			Iónico	Foto	Total
Sala 0	01	6.4		2	2
Sala 1	02	5.5	4		4
Sala 1(FP)	01	11.0		2	2
Sala 2	02	6.1	4		4
Sala 3	02	6.0	2		2
Sala 4	01	5.6	1		1
Sala 5	02	1.7		1	1
Biblioteca	01	42.0	2		2
Corredor	03	8.5		3	3
TOTAL	15	92.8	13	8	21

2.7. Equipo de Alarma

2.7.1. Aparatos eléctricos de alarma de accionamiento manual

Opcionalmente se podrá ubicar una estación manual de alarma en el corredor de ingreso al CC.

DIAGRAMA II: SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIOS



LEYENDA	ESCALA 1:100
<ul style="list-style-type: none"> ■ Viga ▲ Panel de Control ○ Detector de incendio □ Detector de incendio (FP) 	<ul style="list-style-type: none"> ▨ Falso Piso ● Estación Manual de Descarga ■ Estación de Manual de Aborto ▼ Bocina ◄ Campana

2.7.2. Artefactos de Señal Audible

La alarma sonora será utilizada para dar la señal de alarma general y la de descarga.

La señal de alarma general o de predescarga será emitida por dos (02) bocinas, una ubicada dentro del Centro de Cómputo y la otra fuera del edificio dirigida a la caseta de control.

La señal de descarga será dada por una campana, ubicada en el corredor del CC (Ver Diagrama II).

2.8. Fuente de Alimentación

El suministro principal será de corriente alterna transformada de 220V a 24VDC y tomada del servicio público.

El suministro secundario será de 24VDC, contando para este fin con baterías de 60 horas de autonomía y con recargador incorporado, de manera tal que si las baterías se utilizan en caso de emergencia éstas se recargarán automáticamente.

2.9. Circuitos Complementarios

Dentro del circuito complementario conectado a la central de control están:

(a) Estación Manual de Descarga

Controlará una válvula solenoide conectada al Cilindro de Halón 1301 para la descarga del Sistema de Extinción. Estará ubicada en la Sala 1.

(b) Estación Manual de Aborto

Estará ubicada en la Sala 5 junto a la Central de Control y Señalización.

(c) Desconexión Eléctrica

Se desconectará eléctricamente el equipo de cómputo y el equipo de acondicionamiento. Éste último con el fin de mantener la concentración de extinción deseada.

CAPÍTULO IV

DISEÑO DEL SISTEMA DE EXTINCIÓN

1. Selección del Sistema Extintor

1.1. Generalidades

En cuanto a la instalación de un sistema automático de extinción de incendios para un centro de procesamiento de datos, nos encontramos, como norma general, con tres posibilidades:

- Sistema de dióxido de carbono,
- Sistema de halón 1301, y
- Sistema de sprinklers (rociadores automáticos). (9)

Cada sistema tiene a su vez modos propios de aplicación. En el caso del dióxido de carbono y el halón, la aplicación puede ser de:

- Inundación total
- Aplicación local

En el caso del Sprinklers puede ser:

- Tubería seca
- Tubería húmeda
- Acción previa
- Diluvio
- Combinado de tubería seca y acción previa
- Suministro limitado de agua

1.2. Tipos de Sistemas

Se selecciona a continuación el tipo de sistema dentro de cada una de las siguientes alternativas:

1.2.1. Sistema de Sprinklers

Dentro de seis (06) tipos del sistema de sprinklers se ha elegido el de *Sistema de Acción Previa*. Según Mira(9), este sistema es fiable en un 100%, y Labordia(8) lo califica como el más recomendable entre los varios sistemas de sprinklers.

Los sistemas de acción previa son sistemas de tubería seca en los que el aire puede estar o no a presión. Cuando se declara un incendio, entra en acción un dispositivo suplementario de detección situado en la zona protegida, abriendo la válvula que permite el paso del agua hacia el sistema de tuberías y su descarga a través de los rociadores automáticos que se

hayan abierto por el calor del fuego. (10)

1.2.2. Sistema de Dióxido de Carbono

Se requiere que la extinción del incendio en el Centro de Cómputo sea lo más rápida posible con el fin de minimizar los daños de los equipos y materiales a causa de los productos de la combustión. Además, se requiere proteger la totalidad de los equipos existentes dentro de cada ambiente. Es por esto que se elige el *Sistema de Inundación Total*.

1.2.3. Sistema de Halón 1301

Por las mismas razones del punto anterior se elige también el *Sistema de Inundación Total*. Este sistema utiliza *Halón 1301*, que en virtud de su baja toxicidad, alta volatilidad y poco peso molecular, ofrece ventajas especiales para estos sistemas. En cambio, el Halón 1211 es muy apropiado para sistemas de aplicación local, debido a su menor volatilidad. (10)

1.3. Criterios de Selección

Los criterios de selección serán:

- Eficiencia de extinción
- Rapidez
- Limpieza

- . Efectos a las personas

1.3.1. Sistemas de Sprinklers

1.3.1.1. Eficiencia

- . El sistema de sprinklers, debido a las características propias del agua, es adecuado para fuegos superficiales, y es el de mayor eficacia para fuegos profundos.

1.3.1.2. Rapidez

- . La descarga del agua se ve retardada por la demora en la apertura individual de los rociadores del área protegida, que lo hacen cuando alcanzan una determinada temperatura; por lo que el incendio puede crecer mientras se llega a esa temperatura de apertura.

1.3.1.3. Limpieza

- . Es importante que se corte el suministro eléctrico, a fin de minimizar los daños causados por el agua, antes de aplicarla al incendio.(10)
- . El agua puede provocar daño por el deterioro que causa a los materiales en el momento de extinción.
- . La mayoría de los equipos utilizados en las unidades de proceso (circuitos impresos, discos, bandas magné-

ticas, etc) aunque se hayan mojado, pueden reutilizarse después de un conveniente lavado y secado (10); por lo que sería necesario un plan de salvamento y recuperación por profesionales capacitados en ello.

1.3.1.4. Efectos a las personas

El agua se utiliza prácticamente sin ningún riesgo para las personas. (10)

1.3.2. Sistema de Dióxido de Carbono

1.3.2.1. Eficiencia

- El CO_2 es adecuado para fuegos superficiales. Para fuegos profundos necesita un mayor tiempo de actuación y concentración. (10)
- Requiere de un buen encerramiento para mantener la concentración del agente por el tiempo requerido.

1.3.2.2. Rapidez

- La descarga se hace a través de la activación por el sistema de detección y su actuación se ve demorada por la prealarma exigida para permitir la evacuación del recinto (Ver Norma NFPA N°12 Pto. 1-6.1.4).

1.3.2.3. Limpieza

- El CO_2 es un agente limpio apto para fuegos eléctricos.

cos, con una concentración mínima de 50% donde hay aparatos eléctricos. (10)

- En caso de precipitación de nieve carbónica, se puede dar lugar a concentraciones peligrosas en los equipos y originar en los equipos electrónicos posibles problemas de oxidación.

1.3.2.4. Efectos a las Personas

- La descarga del CO_2 , en concentraciones de extinción de incendios, representa serios peligros para el personal, como sofocación y la reducción de la visibilidad durante y después del período de descarga.
- El contacto con dióxido de carbono en forma de hielo seco puede causar lesiones cutáneas producida por el frío.
- Se recomienda poner avisos que indiquen la evacuación inmediata en caso de la señal de predescarga. (15)

1.3.3. Sistema de Halón 1301

1.3.3.1. Eficiencia

- Efectivo con fuegos superficiales, pero de efectividad limitada en fuegos profundos de clase A (Ver punto I-3.4.2).
- Requiere un buen encerramiento para mantener la concentración de extinción.

1.3.3.2. Rapidez

- También utiliza un sistema de detección electrónica. El tiempo de retardo para proceder a la descarga, luego de haberse confirmado la alarma, se gradúa según el criterio de diseño.

1.3.3.3. Limpieza

- Agente limpio, apto para fuegos eléctricos (Ver punto 1.3.4.2), con una concentración extintora del 5 % para equipo de procesamiento de datos.

1.3.3.4. Efectos a las personas

- La exposición al Halón 1301, dentro de la concentración de diseño (5 a 7%) produce efectos pequeños o imperceptibles
- Los estudios realizados sobre los efectos toxicológicos de los agentes halogenados indican que existe poco o ningún riesgo si se emplea halón 1301, de acuerdo con las recomendaciones de las normas de la NFPA que reconocen el empleo de estos agentes. (10)
- El contacto directo con el líquido vaporizante puede causar quemaduras de la piel por congelación. La fase líquida vaporiza rápidamente cuando se mezcla con el aire; de este modo, se limita el riesgo a la vecindad inmediata al punto de descarga.

- En atmósferas húmedas, puede ocurrir por un breve período una reducción sin importancia en la visibilidad, debido, a la condensación del vapor de agua. (16)

1.4. Selección

Se da un puntaje comparativo a cada sistema, de acuerdo con los criterios antes considerados y que se presentan a continuación:

CRITERIO/SISTEMA	Sprinkler	CO ₂	Halón 1301
1. Eficiencia	3	2	2
2. Rapidez	2	2	3
3. Limpieza	2	2	3
4. Daño al Equipo	2	2	3
TOTAL	9	8	11

. Primero: 3 pts / Intermedio: 2 pts / Último: 1 pto.

El Sistema seleccionado es: Sistema de Halón 1301.

Se utilizará el sistema de halón 1301, pero se tendrá en consideración la recomendación hecha por Jean de Mython(6), según la cual los ambientes así protegidos no deben contener grandes cantidades de papel u otro material; ya que puedan provocar fuegos profundos y además aparecer problemas de alquitrán y

corrosión.

2. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE EXTINCIÓN DE HALÓN 1301

Los requerimientos impuestos por el método de cálculo del Sistema de Ingeniería Pyr-A-Lon 1301(20), son los siguientes:

2.1. Porcentaje de Agente en la Tubería

El porcentaje de agente en la tubería es función de la densidad de llenado del cilindro, del peso del halón y del volumen de la tubería. La siguiente ecuación se usa para calcular el porcentaje de agente en la tubería:

$$\% \text{ de Agente} = \frac{K1}{\frac{W}{Vp} + K2} \quad \text{Eq. IV-2.1}$$

Donde:

W = Peso del agente (lbs).

Vp = Volumen de la tubería (pies³).

K1 = Constante (basada en el llenado de halón por cilindro) Tabla A-IV-2.1

K2 = Constante Tabla A-IV-2.1

El caudal de halón se calcula con una precisión suficiente para permitir que un máximo de 80% del agente resida en la tubería durante la descarga. Este requerimiento limita tanto la presión media de alma-

cenamiento como el volumen de tubería que puede ser utilizado en el sistema.

En sistemas en los que el flujo de halón se ramifica hacia áreas de riesgo separadas por barreras físicas, puede residir en la tubería un máximo de 50% del agente. Este es un cálculo más conservativo; sin embargo, hay mayores presiones en la tubería y mejoras en los resultados de la distribución del Halón.

2.2. Caudal mínimo en la Tubería

El flujo de halón 1301 en la tubería es una mezcla de dos fases. Hay halón líquido, vapor de halón y nitrógeno.

El método de cálculo empleado requiere de un flujo completamente turbulento en toda la tubería. Manteniendo un flujo turbulento, se asegura que el líquido y gas permanezcan en una mezcla uniforme durante la descarga. El no mantener el flujo turbulento derivará en la separación de fases en las intersecciones de Te y en los cambios de elevación. No se puede calcular pronósticos del flujo precisos, cuando existe una separación inestable de fases. Con objeto de mantener una completa turbulencia en la tubería, deberán mantenerse o excederse los valores mínimos del caudal de acuerdo a la Tabla A-IV-2.2. El tiempo de descarga

oscilará entre 7 a 10 segundos.

2.3. Te con Salida Lateral (Fig. A-IV-2.3 (a))

Los requerimientos del caudal mínimo en la tubería proveen una turbulencia y mezcla completa del flujo de dos fases; sin embargo, en la salida lateral de a Te se producirá una separación mecánica del líquido y vapor. Esto se debe a la aceleración del fluido cuando pasa a través del giro de 90°. El líquido más pesado va derecho en la dirección del recorrido, mientras el vapor más ligero hace el giro. Esto origina un cambio en la densidad de flujo.

Para los casos en que el flujo se ramifica hacia riesgos separados, aislados y divididos por una barrera física, el rango permisible del flujo ramificado estará limitado del 10 al 50 por ciento con el flujo mínimo, yendo a través de la salida lateral.

La Te con salida lateral debe ser siempre instalada en un mismo nivel, es decir, el ingreso y ambas salidas deben estar en un plano horizontal.

2.4. Te con Salida Bilateral (Fig. A-IV-2.3 (b))

Las Te con salida bilateral también están sujetas a cierto grado de separación mecánica de fases, aunque a un grado menor que las tees con salida lateral. La

tendencia es que la línea con menor flujo reciba mayor líquido. El vapor tiende a ir con el flujo mayor.

Las Tees con salida bilateral siempre deben estar instaladas con las salidas en el mismo plano horizontal.

2.5. Requerimientos de Temperatura

Las temperaturas del área de riesgo se utilizan en el cálculo de la cantidad de halón requerida para obtener la concentración de diseño (Ver Tabla A-IV-2.5).

Para casos donde todo el agente que va a ser descargado está yendo a la misma área de riesgo, debe ponerse atención en los límites de temperatura. En casos donde el flujo se ramifica hacia riesgos separados y divididos por barreras físicas, el cilindro de almacenamiento debe mantenerse entre 50°F y 120°F (10°C y 48.9°C). Si se espera que estas temperaturas límites sean excedidas, debe usarse sistemas separados para proteger cada riesgo.

2.6. Distancia mínima al Primer Ramal

Es imperativo en cualquier diseño de un sistema de halón que todas las toberas alcancen el equilibrio de

descarga antes de que cualquier tobera descargue líquido.

Si el líquido fuera descargado completamente en la tobera antes que el equilibrio sea alcanzado en otra, habrá una repentina e impredecible pérdida de presión que resultará en una descarga inestable.

Los sistemas que descargan a una sola área de riesgo no están afectados por esta limitación. Cuando el halón es descargado a través de una tubería ramificada a una sola área de riesgo, separada de otras riesgos por barreras físicas; se hace la siguiente limitación con respecto a la distancia entre el primer ramal y el cilindro:

- a. No hay restricción si menos que el 40% del agente reside en la tubería. El primer ramal puede estar en cualquier lugar en el sistema.
- b. Si entre el 40-50% del agente reside en la tubería, se utilizará un volumen afín para determinar el volumen de la tubería total, y el porcentaje de agente en la tubería. La siguiente fórmula determina el porcentaje de volumen de tubería total, que debe venir antes de la primera bifurcación del ramal.

$$\frac{\% \text{ Agente} - 40}{50} = \text{Porcentaje de la tubería antes de la ramificación.} \quad \text{Eq. IV-2.6}$$

2.7. Balance del Sistema

Es preferible, pero de ninguna manera necesario, que la red esté balanceada. En cuanto al halón descargado en un área de riesgo, existe un "desbalance" máximo permitido. La cantidad mínima de halón que puede ser descargada en una área de riesgo dividida por barreras físicas de otras áreas de riesgo, es del 10 por ciento del total del agente descargado. Es decir, cada área de riesgo debe recibir por lo menos 10% del total del halón descargado.

3. DISEÑO DEL SISTEMA DE EXTINCIÓN DE HALÓN 1301

3.1. Generalidades

El siguiente procedimiento de diseño está basado en: Pyr-A-Lon 1301 Engineered System Design Manual (Manual de Diseño del Sistema de Ingeniería) de Pyrotronics.

3.2. Procedimiento de Diseño

El procedimiento de diseño consta de los siguientes pasos:

- Determinar la concentración de diseño.
- Calcular el volumen de riesgo.
- Determinar qué se requiere para garantizar el encerramiento y contención del halón.

- Calcular la cantidad de halón 1301.
- Localizar las toberas.
- Localizar cilindros.
- Distribuir la tubería.
- Determinar qué equipo adicional es necesario.

3.3. Concentración de Diseño

Para la extinción de fuegos o inertizar el riesgo de incendio en un CC (riesgo de incendio de sólidos superficiales), la concentración de Halón 1301 según NFPA 12A es del 5 %.

La Concentración de diseño es del: 5%

3.4. Volumen del Riesgo

El volumen de riesgo es calculado, restando sólo objetos sólidos permanentes no trasladables, tal como las vigas y columnas, que no serán penetrados por el halón 1301 al momento de la descarga. Los resultados se muestran en la Tabla IV-3.4.

3.5. Encerramiento del Riesgo y Contención del Halón

Para sellar el encerramiento y prevenir el escape o dilución del halón, debe apagarse el equipo de manipulación de aire, y deben cerrarse la puerta principal del Centro de Cómputo y de la Sala 5.

Es normal que haya filtraciones a través de rendijas, alrededor de puertas y ventanas. Estas sirven para prevenir la presurización del ambiente por la descarga del halón. Los cálculos de la concentración están basados en la suposición de que existen tales filtraciones. Debe cerrarse o sellarse cualquier otra abertura.

Tabla IV-3.4
Volumen del Riesgo

Ambiente	Dimensiones			menos (*) Sólidos	Volumen Neto	
	Largo	Ancho	Altura		m ³	pies ³
Sala 0	6.55	1.95	2.75	0.138	35.0	1235.6
Sala 1	6.00	4.00	2.75	5.462	60.5	2137.9
Sala1(FP)	6.00	4.00	0.23	0.466	5.1	178.5
Sala 2	6.00	4.10	2.75	0.525	67.1	2370.5
Sala 3	6.00	2.00	2.75	-	33.0	1165.4
Sala 4	2.80	2.10	2.75	0.644	15.5	548.3
Biblioteca	1.55	1.50	2.75	1.621	4.8	168.5
Pasillo	12.30	2.15	2.75	2.304	70.4	2486.9
Total					291.4	10291.5

(*) Sólidos permanentes.

3.6. Cantidad de Halón 1301

La cantidad de halón 1301 requerido para proteger el área de riesgo a una concentración específica, se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$W = V * M$$

Eq. IV-3.6

Donde:

W = Peso del halón 1301 (lbs.).

V = Volumen del riesgo (ft³).

M = 0.0210 Multiplicador (lb./ft.³) para la mínima temperatura de riesgo esperada de 60°F (15.6°C) y a la concentración especificada. Ver Tabla IV-A-2.5.

Las cantidades de halón requeridas para los diferentes ambientes del CC se muestran en la Tabla IV-3.6.

Tabla IV-3.6

Cantidad de Halón 1301

Ambiente	Volumen		Cantidad (lbs.)	Cantidad Final (lbs.)
	m ³	pies ³		
Sala 0	34.99	1235.55	25.95	25.95
Sala 1	60.56	2137.90	44.91	48.64
Sala 1 (FP)	5.05	178.49	3.75	*
Sala 2	67.12	2370.50	49.78	49.78
Sala 3	33.00	1165.38	24.47	35.53
Sala 4	15.53	548.30	11.51	**
Biblioteca	4.77	168.53	3.54	**
Corredor	70.42	2486.86	52.22	52.22
Total	281.62	10291.51	216.12	216.12

(*) Se une a la descarga de la Sala 1 por no cumplir requerimiento 2.7. Esto implica hacer rendijas para el paso del halón.

(**) Se une a la descarga de la sala 3 con objeto de cumplir el Requerimiento 2.7. Esto implica hacer rendijas en la puerta para permitir el paso del halón.

3.7. Localización de Toberas

Las toberas son localizadas de acuerdo a los siguientes factores:

3.7.1. Área de cobertura

En la Figura A-IV-3.7 se presenta la cobertura de las toberas, aprobada y registrada por Underwriters Laboratories (UL) y Factory Mutual (FM). Esta cobertura limita la aplicación cuando la presión en la tobera es de por lo menos 125 psi.

Bajo ninguna circunstancia deben instalarse para proveer una mayor cobertura que la indicada. Puede haber veces en las que, debido a los requerimientos de flujo, las toberas tendrán que colocarse más juntas.

3.7.2. Caudal requerido

El flujo máximo que pasa a través de una tobera varía considerablemente, dependiendo de la configuración de la tubería; pero para propósitos de estimación general, se utiliza la Tabla A-IV-3.7.

3.7.3. Altura del Techo

Las toberas del Sistema de Ingeniería Pyr-A-Lon 1301 pueden ser utilizadas donde la altura del piso

al techo está entre 1 y 50 pies.

3.7.4. Ángulo de Distribución

No hay ninguna restricción para entremezclar toberas de 180° y 360° en los sistemas de toberas múltiples. Pueden optimizar la red de tubería y minimizar el tendido de tubería. En casos donde el caudal puede ser muy alto, para una sola tobera del diseño mayor, se utilizarán dos toberas de 180° en una configuración "te", espalda a espalda.

3.8. Localización de Cilindros y Tubería

3.8.1. Selección del Cilindro

El sistema necesita 216 libras de agente. De la Tabla A-IV-2.1. se escoge el cilindro de capacidad igual o superior más cercana, el mismo que tiene las siguientes características:

Cilindro Lbs.	Peso Agente (lbs.)	FD*	K1	K2
250	220	59.4	6772.4	45.64

(*) FD : Densidad de Llenado.

T₀ de almacenamiento del cilindro: 70° F = 21.1 °C

Se utiliza un solo cilindro a fin de minimizar los requerimientos de accesorios. El piso puede soportar esta carga adicional.

3.8.2. Ubicación del Cilindro

El cilindro se colocará en la Sala 5 (Ver Diagrama III).

Los cilindros se ubicarán de modo tal que satisfagan todos los requerimientos del diseño del sistema.

Se debe tener en cuenta en especial:

- El porcentaje de agente en la tubería. No hay restricción de la distancia mínima de la tubería al primer ramal de la red, ver punto 3.11.1.
- Los requerimientos de temperatura de almacenamiento. Está dentro del rango de almacenamiento.
- La protección a la intemperie, por estar en el interior del edificio.

Además, la localización del cilindro no altera la arquitectura del edificio, no obstruye vías de escape o de salida, y es de fácil accesibilidad para los procedimientos de inspecciones y mantenimiento.

3.9. Verificación de seguridad de la Concentración

Se hace la siguiente verificación para determinar si el exceso de halón origina una concentración que requiere medidas de seguridad más estrictas que las consideradas con la concentración de diseño. La concentración resultante se determina con la siguiente fórmula, y cuyos resultados se muestran en la Tabla

IV-3.9.

$$C = \frac{100 WS}{V + WS} \quad \text{Eq. IV-3.9}$$

Donde:

C = Concentración del halón 1301 (% por volumen)

V = Volumen del riesgo

W = Peso de halón 1301

S = 2.51 (ft.³/lb.) Volumen específico del halón:
Tabla A-IV-3.9

Tabla IV-3.9

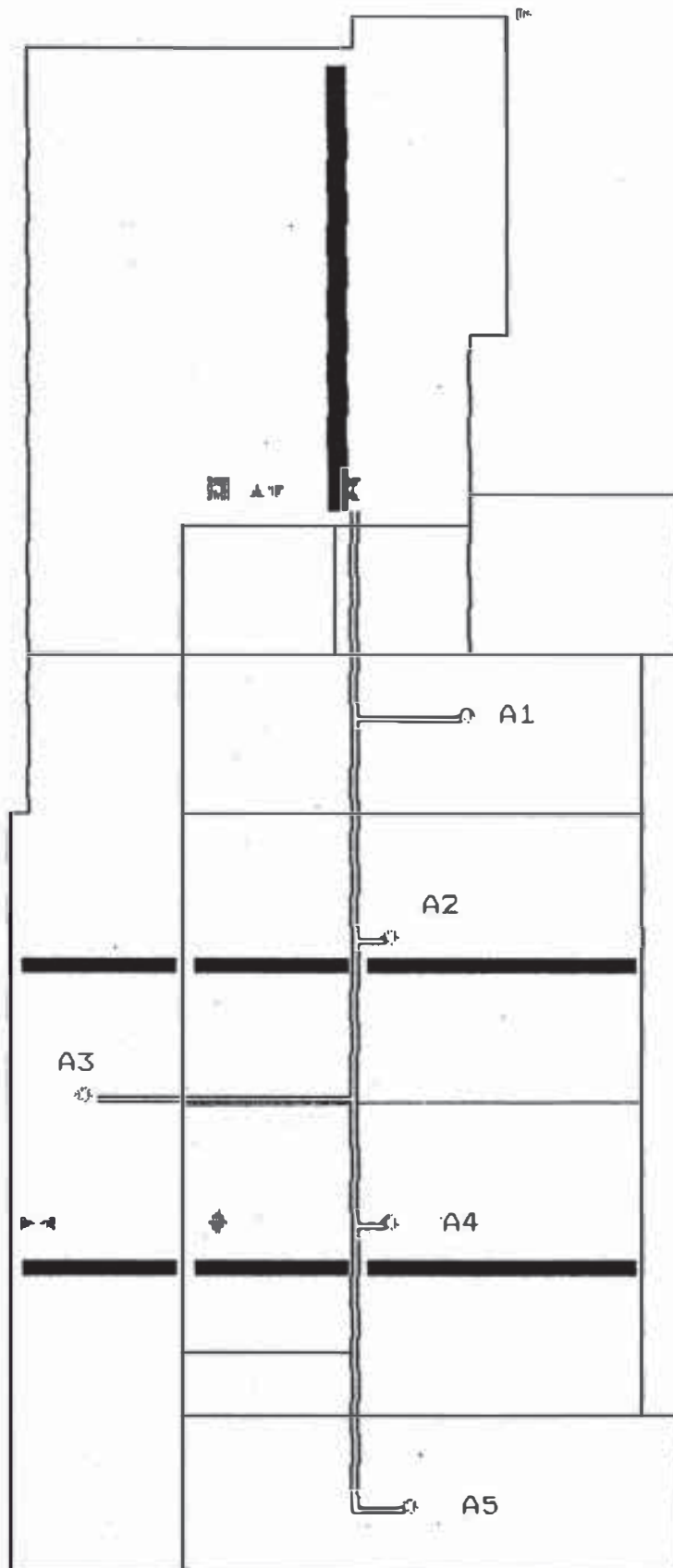
Verificación de la Concentración del Halón 1301










Ambiente	Volumen (pies ³)	Cantidad de Diseño	Cantidad Final*	C % S=2.51
Sala 0	1235.55	25.95	26.41	5.017
Sala 1	2137.87	48.64	45.52	5.140
Sala 2	2370.50	49.78	50.67	5.123
Sala 3	1713.69	39.53	40.24	5.064
Corredor	2486.86	52.22	53.16	5.078
Total	9944.50	216.12	220.00	

(*) Cantidad corregida por la selección de la capacidad del cilindro (Ver punto 3.8.1).

Se observa que la concentración no se incrementa significativamente, por lo que no existe riesgo para el personal en caso de estar presente en el momento de la descarga.

DIAGRAMA III : SISTEMA DE EXTINCIÓN



LEYENDA	ESCALA 1:100
<ul style="list-style-type: none">  Viga  Panel de Control  Balón de Halón 1301  Tubería 	<ul style="list-style-type: none">  Estación Manual de Descarga  Estación Manual de Aborto  Bocina  Campana  Toberas

3.10. Determinación de la Distribución de la Tubería

3.10.1. Isométrico

Se divide la red en ramales y se los nombra comenzando desde el punto de descarga del cilindro, colocando las medidas de cada tramo (Ver Plano N°3)

3.10.2. Volumen de la Red

Se determina:

- El total de libras de halón 1301 que deben fluir a través de cada ramal y se escoge un tiempo de descarga de 10 segundos (Ver Punto 2.2).
- La cantidad de halón descargada por cada tobera y se indica el tipo de tobera (180 ó 360°).
- El volumen de la red de tubería.

Todos los datos anteriores se muestran en la Tabla IV-3.10.2.

Tabla IV - 3.10.2

Volumen de la Red

Ramal	Sección SR - DS	Flujo lbs/seg	Diá. Nom.(\dagger) pulg.	Long. pies	Volumen \ddagger pies ²	Toberas		
						Agent	I. D.	Tipo
1	1 - 2	22.0	2.00	3.00	0.062			
2	2 - 3	22.0	2.00	11.65	0.271			
3	3 - 4	4.0	0.75	7.23	0.027	4.0	A1	360

Ramal	Sección SR - DS	Flujo lbs/seg	Diá. Nom. (") pulg.	Long. pies	Volumen ft ³ pies ³	Toberas		
						Agent	I. D.	Tipo
4	3 - 5	18.0	1.50	10.83	0.153			
5	5 - 6	5.1	1.00	3.80	0.023	5.1	A2	360
6	5 - 7	12.9	1.25	6.23	0.065			
7	7 - 8	5.3	1.00	11.50	0.069	5.3	A3	360
8	7 - 9	7.6	1.00	6.23	0.037			
9	9 - 10	5.0	1.00	3.80	0.023	5.0	A4	360
10	9 - 11	2.6	0.75	15.44	0.057	2.6	A5	360
TOTAL					0.787	22.0		

(*) Para determinar el diámetro de la tubería se utiliza la Tabla A-IV-3.10.2 (a)

(**) Se utiliza la Tabla A-IV-3.10.2 (b)

3.10.3. Longitud Equivalente y Elevación

En este punto se calcula la longitud equivalente de cada tramo y se señala los cambios de elevación. Los resultados se presentan en la siguiente Tabla 3.10.3.

Tabla IV-3.10.3

Longitud Equivalente (LE) y Elevación (Elev)

Ramal	Sección SR - DS	Diámetro (pulg)	Long. (pies)	Accesorios †					L.E. Total	Elev. (pies)
				VS	C90	TF	TS	UN		
1	1 - 2	2.00	3.00	1				1	29.8	2.0
2	2 - 3	2.00	11.65		1				17.1	4.3
3	3 - 4	0.75	7.23		1		1		13.9	-1.0
4	3 - 5	1.50	10.83			1			13.5	
5	5 - 6	1.00	3.80		1		1		12.3	-2.0
6	5 - 7	1.25	6.23			1			8.5	
7	7 - 8	1.00	11.50		1		1		20.0	-1.0
8	7 - 9	1.00	6.23			1			8.0	
9	9 - 10	1.00	3.80		1		1		12.3	-2.0
10	9 - 11	0.75	15.44		2	1			21.2	-1.0

(*) Ver Tabla A-IV-3.10.3

3.11. Cálculos Manuales Típicos

3.11.1. Porcentaje de Agente en la Tubería

$$\% \text{ Agente} = \frac{K1}{W/Vp + K2} \quad \text{Eq. IV-2.1}$$

$$W = 220; \quad K1 = 6772.4; \quad K2 = 45.64; \quad Vp = 0.787$$

$$\% \text{ Agente} = 20.53 \%$$

Nota : 20.53 % es menor 40%, por lo que según el Requisito 2.6, no hay limitación con la distancia al primer ramal.

3.11.2. Cálculo de la Presión Media

Para ese fin se utiliza la Fig A-IV-3.11.2 con los siguientes datos:

% Agente = 25 ; FD% = 56.7 ; Presión del Cilindro = 360 psi.

% de Agente	L360-60	L360-50	L360-56.7*
%Ag-20	253	267	253.8

(*) Se obtiene por interpolación.

Por lo tanto, la *presión media* (Pmid) = 253.8.

3.11.3. Pérdida de Presión en la Tubería

La *pérdida de presión* se calcula por medio de la siguiente ecuación de dos fases (NFPA Norma N012A, Sección 1-10.6.6) :

$$Q^2 = \frac{1.013 D^{5.25} Y}{L + 8.08 D^{1.25} Z} \quad \text{Eq. IV-3.11.3(a)}$$

Donde:

Q = Caudal (lbs./segundo).

- D = Diámetro interior (pulgadas).
L = Longitud equivalente (pies).
Y, Z = Factores que dependen de la densidad y presión.

No es posible una solución directa de la ecuación Eq. IV-3.11.3(a); sin embargo, la ecuación puede ser reacomodada para resolver Y, que está relacionada a la presión (NFPA Norma Nº12A, Sección A-1-10.6.6 (a)).

$$Y_2 = Y_1 + (LQ^2/A) + B(Z_2 - Z_1)Q^2 \quad \text{Eq. IV-3.11.3(b)}$$

Donde:

- Y_1 = Factor Y en la sección de inicio
 Y_2 = Factor Y en la sección final
 Z_1 = Factor Z en la sección de inicio
 Z_2 = Factor Z en la sección final
 $A = 1.013 D^{5.29}$
 $B = 7.97/D^4$
D = Diámetro interior de la tubería (pulg).
L = Longitud equivalente de la sección (pies).
Q = Caudal (lbs/sec).

Los valores de X e Y se obtienen de la Tabla A-IV-3.11.3(c), el halón 1301 a 360 psi. y a 59.4 lbs/pie³.

Se explicará a modo de ejemplo, de cómo se obtienen los datos para el primer tramo de tubería.

Se tiene que $H = 2.0$ pies, con el valor de P_1 Fig. A-IV-3.11.2 en la se obtiene el valor de α , por lo que P es:

$$P = \frac{85.5 \times 2}{144}$$

$$P = 1.2$$

- Presión Final

La *presión final* resulta de restar la pérdida de elevación (P_h) a P_2 .

$$P_f = P_2 - P_h$$

$$\text{Eq. IV-3.11.3.1 (b)}$$

En este caso la presión al final del tramo es:

$$P_h = 249.8 \quad P_h = 1.2$$

$$P_h = 249.8 - 1.2$$

$$P_h = 248.6 \text{ psi.}$$

3.11.3.2. Tramos Posteriores

La pérdida de presión en los tramos restantes se presentan en la Tabla IV-3.11.3.2.

Tabla IV-3.11.3.2
Pérdida de Presión

Ramal	Secc.	Pérdidas por Fricción				Pérdida por Elevación			Resultado	
		Q	D.I.:	P1	P2	D ₁	H	P _h	P _r	D _r
1	1 - 2	22.0	2.07	253.8	249.8	85.5	2.0	1.2	248.6	83.0
2	2 - 3	22.0	2.07	248.6	246.7	83.0	4.3	2.5	244.2	81.0
3	3 - 4	4.0	0.82	244.2	236.4	81.0	-1.0	-0.6	237.0	77.5
4	3 - 5	18.0	1.61	244.2	239.4	81.0	-	-	239.4	78.5
5	5 - 6	5.1	1.05	239.4	236.3	78.5	-2.0	-1.1	237.4	77.5
6	5 - 7	12.9	1.38	239.4	236.0	78.5	-	-	236.0	77.0
7	7 - 8	5.3	1.05	236.0	230.1	77.0	-1.0	-0.5	230.6	74.5
8	7 - 9	7.6	1.05	236.0	231.3	77.0	-	-	231.3	75.0
9	9 -10	5.0	1.05	231.3	228.2	75.0	-2.0	-1.0	229.2	73.5
10	9 -11	2.6	0.82	231.3	225.8	75.0	-1.0	-0.5	226.3	72.0

(*) Ver Tabla A-IV-3.10.2 (b).

3.11.4. Cálculo del Área de las Toberas

El siguiente paso es el cálculo del área total de los orificios que se tendrán que perforar en la tobera con el fin de asegurar el caudal a la presión de diseño.

Las áreas de la toberas son calculadas utilizando una fórmula del caudal y los coeficientes obtenidos de pruebas, la presión total absoluta anterior a la

tobera, y la densidad corregida de la mezcla que fluye a través de la tobera. La Ecuación básica que se utiliza es:

$$A_N = \frac{Q_c}{K (P_T \alpha)^{1/2}} \quad \text{Eq. IV-3.11.4 (a)}$$

Donde:

- A_N = área total de la tobera (pulg²).
- Q_c = caudal corregido.
- K = coeficiente de tobera (0.258).
- $P_T = P_s + P_v + 14.7$ psig.
- α = densidad del halón a P_s .

$$P_T = P_s + P_v + 14.7 \text{ psig} \quad \text{Eq. IV-3.11.4 (b)}$$

Donde:

- P_s = Presión final en la tobera
- P_v = Presión de velocidad = $3.63 \times Q^2 c / \alpha D^4$ donde D es el diámetro interior de la tubería conectada a la tobera.

Tabla IV-3.11.4 (a)

Área de las Toberas

Ra- mal	Secc.	Ø	D	Tobera			Presiones			α	A
				I.D.	Tipo	Cód.	PS	PV	PT		
3	3 - 4	4.0	0.82	A1	360	1032	237.0	1.6	253.3	77.5	0.1113
5	5 - 6	5.1	1.05	A2	360	1032	237.4	1.0	253.1	77.5	0.1402
7	7 - 8	5.3	1.05	A3	360	1032	230.6	1.1	246.4	74.5	0.1521
9	9 -10	5.0	1.05	A4	360	1032	229.2	1.0	244.9	73.5	0.1431
10	9-11	2.6	0.82	A5	360	1032	226.3	0.8	241.8	72.0	0.0776

Una vez calculada el área total y determinado el tipo de tobera, se determina el número de orificios y el diámetro de los mismos según la Tabla A-IV-3.11.4

Tabla IV-3.11.4 (b)
Orificios de las Toberas

Tobera	Área Calculada	Broca		Nº de Orificios	Tipo grados	Código Pyro/ Área
		Dia (In.)	Tamaño			
A1	0.1113	0.1890	# 12	4	360	1032/0.1122
A2	0.1402	0.2090	# 4	4	360	1032/0.1372
A3	0.1521	0.21875	7/32"	4	360	1032/0.1503
A4	0.1431	0.2130	# 3	4	360	1032/0.1425
A5	0.0776	0.1590	# 21	4	360	1032/0.0794

Cuando todas las toberas tienen igual caudal, el área finalmente elegida será del tamaño mayor inmediato en las Tablas del Perforación.

La siguiente es una regla para seleccionar la dimensión del área taladrada donde hay diferentes caudales por tobera:

$$W_T = \text{Caudal inicial total} = 22 \text{ lbs/seg.}$$

$$N = \text{Número de toberas} = 4$$

$$W_A = \text{Caudal promedio/tobera} = W_T/N = 4.4$$

Regla: El área real seleccionado para toberas donde el caudal es menor que $1.1 W_A$ (4.84) estará basado en

el siguiente tamaño mayor de broca. En todo los otros casos el área menor será seleccionada.

3.12. Equipamiento Adicional necesario

- El sistema de extinción está unido con el sistema de detección a través del *Panel de Control*. El equipo requerido se ha visto en el capítulo anterior, como es:
 - Estación manual de aborto.
 - Estación manual de descarga.
- Además de lo anterior, se requiere un válvula solenoide con el fin de que la descarga pueda ser controlada eléctricamente.
- Según lo requerido en el punto 3.3.
 - Relay con el fin de apagar automáticamente el sistema de aire acondicionado.
- Montura y soporte del cilindro para posición vertical.

CAPÍTULO V

COSTOS DEL SISTEMA

1. METRADO Y PRESUPUESTO

El presupuesto se ha elaborado en base a un metrado previo. Está dividido en dos grandes rubros: el sistema de detección de incendios y el sistema de extinción de Halón 1301. Al interior de cada uno de ellos se consideran : costo de equipos y materiales, costo de mano de obra y costo por el uso de equipos y herramientas. El cálculo se hace en dólares por la inestabilidad del valor de la moneda nacional.

Los precios unitarios de los equipos y materiales a emplear han sido obtenidos de distintos distribuidores nacionales.

Los costos de mano de obra se han estimado del pago por trabajos similares de personal calificado.

El costo por el uso de equipo y herramientas se considera el 5% del total.

1.1. Sistema de Detección de Incendios

1.- MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	P U (US\$)	TOTAL (US\$)
<u>Suministro de la Central de Alarma</u>				
Panel de Control	pz	01	2,960.0	2,960.0
Banco de Baterías (60 horas)	pz	01	860.0	860.0
Transformador 220V-110V	pz	01	40.0	40.0
<u>Dispositivos Complementarios</u>				
Estación Manual de Aborto	pz	01	320.0	320.0
Estación de Disparo	pz	01	180.0	180.0
Relay (Aire Acondicionado) 24V-220V	pz	01	25.0	25.0
Bocina (ADC-24V)	pz	02	80.0	160.0
Campana	pz	01	200.0	200.0
<u>Detectores de Incendio</u>				
Detector iónico	pz	13	206.0	2,678.0
Detector fotoeléctrico	pz	08	148.0	1,184.0
<u>Conductores</u>				
Conductor AWG 2x18	ml	200	0.4	80.0
Conductor AWG 2x16	ml	50	0.5	25.0
<u>Suministro de Tubería y Materiales de Fijación</u>				
Tubos PVC Pesado de 3/4" $\frac{1}{2}$	ml	85	2.3	195.5
Codo 90° PVC Pesado 3/4" $\frac{1}{2}$	pz	34	0.8	27.2
Unión PVC Pesado 3/4" $\frac{1}{2}$	pz	17	0.4	6.8
Caja de Paso Hexagonal	pz	12	1.0	12.0
Caja de Paso Octogonal	pz	24	1.0	24.0
Abrazaderas de 3/4 de $\frac{1}{2}$	pz	40	0.2	8.0
Cemento	bolsa	01	4.2	4.2
Arena	bolsa	03	0.5	1.5
SUB-TOTAL 1				8991.2

2.- MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	P U (US\$)	TOTAL (US\$)
Técnico Electricista	d/H	15	15	225.0
Técnico Electrónico	d/H	15	15	225.0
Operario	d/H	15	10	150.0
SUB-TOTAL 2				600.0

3.- EQUIPOS Y HERRAMIENTAS				
DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	P U (US\$)	TOTAL (US\$)
Se considera el 5% del Sub-Total				
SUB-TOTAL 3				479.6

4.- TOTAL COSTO DIRECTO (1+2+3)				10,070.8
---------------------------------	--	--	--	----------

1.2. Sistema de Extinción de Halón 1301

1.- MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	P U (US\$)	TOTAL (US\$)
<u>Suministro del Recipiente de Halón y otros</u>				
Botella 250 lbs. (con válvula de 2")	pz	01	5,400.0	5,400.0
Gas Halón 1301	lb	220	15.0	3,300.0
Soporte de Botella	pz	01	430.0	430.0
Válvula Solenoide de 2" y 24V de 360 PSI	pz	01	263.0	263.0
Control Manual	pz	01	130.0	130.0
<u>Toberas de Descarga</u>				
Tobera Tipo 3600 de 4 orificios	pz	05	60.0	300.0
Caperuza de Tobera	pz	05	2.0	10.0
CONTINUA				

DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	P U (US\$)	TOTAL (US\$)
Suministro de Red de Distribución				
Tubo SCH-40 Fo Galv. de 2" $\frac{1}{2}$	mi	05	14.5	71.0
Tubo SCH-40 Fo Galv. de 1 1/2" $\frac{1}{2}$	mi	04	9.7	38.9
Tubo SCH-40 Fo Galv. de 1 1/4" $\frac{1}{2}$	mi	03	9.6	28.5
Tubo SCH-40 Fo Galv. de 1" $\frac{1}{2}$	mi	08	7.3	56.8
Tubo SCH-40 Fo Galv. de 3/4" $\frac{1}{2}$	mi	09	7.3	63.9
Codo Flexible de 2" $\frac{1}{2}$ de 3 pies	pz	01	660.0	660.0
Codo de 90° SCH-40 Fo Galv. de 2" $\frac{1}{2}$	pz	01	3.8	3.8
Codo de 90° SCH-40 Fo Galv. de 1" $\frac{1}{2}$	pz	05	1.4	7.0
Codo de 90° SCH-40 Fo Galv. de 3/4" $\frac{1}{2}$	pz	01	1.2	1.2
Te SCH-40 Fo Galv. de 1 1/2" $\frac{1}{2}$	pz	02	1.8	3.6
Te SCH-40 Fo Galv. de 1" $\frac{1}{2}$	pz	02	1.2	2.4
Reduc SCH-40 Fo Galv. de 2" - 1 1/2"	pz	01	2.9	2.9
Reduc SCH-40 Fo Galv. de 1 1/2" - 1 1/4"	pz	01	2.7	2.7
Reduc SCH-40 Fo Galv. de 1 1/2" - 1"	pz	01	2.2	2.2
Reduc SCH-40 Fo Galv. de 1 1/2" - 3/4"	pz	01	1.6	1.6
Reduc SCH-40 Fo Galv. de 1 1/4" - 1"	pz	01	1.2	1.2
Reduc SCH-40 Fo Galv. de 1" - 3/4"	pz	01	0.6	0.6
Unión SCH-40 Fo Galv. de 2" $\frac{1}{2}$	pz	02	3.7	7.4
Abrazaderas	pz	30	2.0	60.0
Cemento	bolsa	01	4.2	4.2
Arena	bolsa	03	0.5	1.5
SUB-TOTAL 1				11,800.9

2.- MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	P U (US\$)	TOTAL (US\$)
Técnico Gasfitero	d/H	15	15	225.0
Técnico Electrónico	d/H	15	15	225.0
Operario	d/H	15	10	150.0
SUB-TOTAL 2				600.0

3.- EQUIPOS Y HERRAMIENTAS				
DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	P U (US\$)	TOTAL (US\$)
Se considera el 5% del Sub-Total				620.0
SUB-TOTAL 3				

4.- TOTAL COSTO DIRECTO (1+2+3)				13,020.9
--	--	--	--	-----------------

1.3. Resumen

Se ha obtenido lo siguiente:

Sistema de Detección de Incendios		US\$	US\$
01	Materiales	8,991.2	
02	Mano de Obra	600.0	
03	Equipos y Herramientas	479.6	10,070.8
Sistema de Extinción de Halón 1301		US\$	US\$
01	Materiales	11,800.9	
02	Mano de Obra	600.0	
03	Equipos y Herramientas	620.0	13,020.9
COSTO TOTAL DEL SISTEMA			23,091.7

2. ANÁLISIS ECONÓMICO

Se hace este análisis para ver la justificación de costos, siguiendo la recomendación hecha por Robert Courtney y Mary Todd(5) de asegurarse razonablemente que los gastos para solucionar el problema de falta de protección contra incendios en el CC son menores de lo que costaría tolerarlo. Para esto se determina, por un lado, el *costo del sistema* y, por el otro, se calcula la *pérdida esperada* si no se implementase el sistema.

Estos cálculos toman como medida referencial el año, traducándose esto en el cálculo del Costo Anual Equivalente (CAE) y la Pérdida Anual Esperada (PAE).

2.1. Costo Anual Equivalente (CAE)

2.1.1. Consideraciones Generales

Los siguientes datos han sido obtenidos de consultas con Empresas que instalan estos sistemas en el país.

- (a) La vida útil del sistema automático de detección y extinción es de 20 años.
- (b) El costo del mantenimiento anual para el sistema diseñado, a partir del 2º año de instalado es de 350 dólares.
- (c) El costo total del equipo e instalación del sistema es de 23,092 dólares.
- (d) El costo de la recarga de Halón es de 3,300 dólares, y se realiza cada 10 años.
- (e) El valor residual del sistema es de 250 dólares.

2.1.2. Cálculo del Valor Actual Neto (VAN)

Para el cálculo del VAN se utiliza las Tablas de Ingeniería Económica (21).

$$\text{VAN} = \text{CT} + \text{CM}(\text{P/F}, i, 1)(\text{P/A}, i, 19) + \text{CR}(\text{P/F}, i, 10) - \text{VR}(\text{P/F}, i, n)$$

Donde:

- CT : Costo Total : US\$ 23,092.0

- CM : Costo de mantenimiento anual a partir del 2º año : US\$ 350.0
- CR : Costo de Recarga (cada 10 años) : US\$ 3,300.0
- n : Vida Útil: 20 años
- VR : Valor Residual : US\$ 250.0
- i : Tasa de Interés Anual: 10%

$$\text{VAN: } CT + CM(P/F, 10, 1)(P/A, 10, 19) + CR(P/F, 10, 10) - VR(P/F, 10, 20)$$

$$\text{VAN: } 23,092 + 350(0.90909)(8.3649) + 3,300(0.38554) - 250(0.14864)$$

$$\text{VAN: } \text{US\$ } 26,998.70$$

2.1.3. Cálculo del Costo Anual Equivalente (CAE)

Para el cálculo del VAN se utiliza las Tablas de Ingeniería Económica (21).

$$\text{CAE} = \text{VAN}(A/F, 10, 20)$$

$$\text{CAE} = 26,988.7(0.11746)$$

$$\text{CAE} = \text{US\$ } 3,170.0$$

2.2. Cálculo de la Pérdida Anual (PAE)

La siguiente metodología está basada en el trabajo de Björn Cronhjort y Antero Mustonen(4). Se calcula primero la probabilidad de la ocurrencia de un in-

endio y con este dato se procede a calcular la pérdida anual esperada.

2.2.1. Cálculo de la Frecuencia Anual Esperada

Se define a la frecuencia anual esperada como la posibilidad de ocurrencia en un año de un incendio en el CC que afecte parcialmente por un valor estimado de US\$ 50,000. Esta probabilidad vendría a ser la sumatoria de las respectivas probabilidades de ocurrencia de un incendio debido a un sismo, accidente, negligencia, error y atentado terrorista ($P_S + P_A + P_N + P_E + P_{AT} = P_T$).

La frecuencia anual esperada se deriva a partir de la siguiente fórmula:

$$E_v = \frac{a + (4 \times b) + c}{6} \quad \text{Eq. V-2.2.1}$$

Donde:

- E_v = Frecuencia anual esperada de incendio.
- a, b y c = Estimaciones subjetivas de la frecuencia anual esperada consideradas por el autor, donde:
 - . a = Estimación pesimista: un incendio en 5 años = 0.2.
 - . b = Estimación probable: un incendio en 10 años = 0.1
 - . c = Estimación optimista: un incendio en 50 años = 0.02.

$$E_v = \frac{a + (4 \times b) + c}{6}$$

$$E_v = \frac{0.2 + 4(0.1) + 0.02}{6}$$

$$E_v = 0.103$$

2.2.2. Cálculo Pérdida Anual Esperada (PAE)

La pérdida anual esperada puede calcularse a partir de la fórmula:

$$E = 1/3 \times 10^{(P+V-3)} \quad \text{Eq. V-2.2.2}$$

Donde:

- E = pérdida anual esperada.
- V = 1 si la pérdida es 10\$, 2 si es 100\$, etc. Como la pérdida es de 50,000.00, entonces $V = \log(50,000) = 4.70$.
- P = 1 si el riesgo ocurre una vez cada 300 años, 2 si una vez cada 30 años, etc., como el riesgo ocurre cada E_v^{-1} años, entonces $A = 1/(0.103) = 9.68$ años, y P se calcula con la siguiente fórmula derivada:

$$P = 3 - \log (A/3)$$

$$P = 2.49$$

$$E = 1/3 \times 10^{(2.49 + 4.70 - 3)}$$

$$E = 1/3 \times 15,4088.12$$

$$E = 5,162.72$$

2.3. Resultados

Se obtiene los siguientes resultados:

$$\text{CAE} = 3,170$$

$$\text{PAE} = 5,163$$

Al resultar $\text{PAE} > \text{CAE}$, la inversión en la implementación del sistema, según los supuestos elegidos está plenamente justificada.

CONCLUSIONES

1. El diseño en base al Sistema de Detección y Extinción de Halón 1301, entre los sistemas comúnmente usados, es el más idóneo para nuestro Centro de Cómputo, considerando los siguientes factores: eficiencia, rapidez, limpieza y el daño al equipo.
2. La Inversión de la Implementación del Sistema de Detección y Extinción Automática para nuestro centro de cómputo, está plenamente justificada económicamente por redundar en una reducción de la Pérdida Anual Esperada.

RECOMENDACIONES

Las siguientes recomendaciones complementarias son hechas en base la evaluación del riesgo de incendio y comprenden la protección de incendios, tanto del CC como de todo el Instituto.

1. A Nivel de Instituto

- Informarse del tipo de apoyo que podría brindar la estación de bomberos más cercana.
- Instalar un sistema de detección de incendios para todas las edificaciones.

- Diseñar e implementar un sistema de alarma general y remota.
- Implementar un sistema de lucha contra incendios en todas las áreas de la edificación.
- Elaborar un plan de emergencia.
- Capacitar y entrenar a la Brigada contra incendios.
- Dotar a la biblioteca de un sistema automático contra incendios.
- Mejorar el control de acceso mediante:
 - Un sistema general de rondas;
 - Verificación del recorrido y destino de las personas que ingresan. (Esto puede hacerse con un CCTV, personal de vigilancia, y con un adecuada autorización para el ingreso de cualquier ajeno a la Institución).

2. A Nivel del Centro de Cómputo

- Reemplazar por materiales de menor combustibilidad o reducir al mínimo posible el material combustible

contenido en acabados, mobiliario y otros.

- Medidas para protección de registros de los registros electrónicos de información:

- Elaborar directivas específicas para la protección de los registros.

- Cambiar la puerta de la Sala 0 por una de mayor resistencia al fuego.

- Desalojar de la Sala 0 cualquier material o mobiliario que no tenga que ver con el almacenamiento.

- Elaborar un plan de salvamento de los registros de información en caso de un incendio.

- Revisión del cableado eléctrico y corrección de la sobrecarga de puntos de alimentación.

- Dotar a la puerta de la Sala 5 de cierre automático.

- Instalación de un video-portero con fines de control de acceso.

BIBLIOGRAFÍA

1. AALDERS, J. CH., Herschberg I. S. y A. Van Zanten; Handbook for Information Security - A guide towards Information Security Standards, Ed. North-Holland, Amsterdam, 1985.
2. ANSUL; The Design of Halon 1301 Systems, Ansul Company, Wisconsin, USA, 1982.
3. CAPECO; Reglamento Nacional de Construcciones 5ta Edición: Impresión Servicios Gráficos Castro, Lima, 1987, 555 págs.
4. CRONHJORT, Björn y Antero Mustonen; Computer Assisted Reduction of Vulnerability of Data Centers En: Computer Security, Ed. North-Holland, Amsterdam, 1985, págs. 397-425.
5. COURTNEY, Robert y Mary Todd; Problem quantification-its importance to cost-effective computer security : En: Computer Security, Ed. North Holland, Amsterdam, 1985, págs. 55-63.
6. DE MYTHON, Jean Louis; Agentes extintores en incen-

- dios de Ordenadores, Halones y CO₂; En: Protección Física de Centros de Procedimientos de datos; Editorial MAPFRE, Madrid, 1983, págs. 61-70.
7. GERARD, Jesse; Recuperación de equipo electrónico dañados en incendios, En: Seguridad en la Electrónica y la Informática; págs. 49-60.
8. LABODIA BONASTRES, José Antonio; Seguridad Integral en Centros de Cálculo y Procesamiento de Datos; En: Revista CRIPTOGRAMA Nº 9 - Set. 89, Lima, págs. 19-23 y 27-34.
9. MIRA, Jorge; Protección Física de centros de procesamiento de datos; En: Seguridad en la Electrónica y la Informática, Editorial MAPFRE, Madrid, 1983, pág. 71-78.
10. NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION; Manual de Protección contra Incendios; Trad. Alberto Blasco y otros, 2da Edición, Editorial MAPFRE, Madrid, 1983, 1665 págs.
11. NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION; Standard for Automatic Fire Detectors NFPA - Nº 72E, USA, 1974,

51 págs.

12. NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION; Standard for the Installation, Maintenance and Use of Auxiliary Protective Signaling Systems for Fire Alarm Service - NFPA Nº 72B, USA, 1985, 28 págs.
13. NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION; Standard for the Installation of Sprinkler Systems - NFPA Nº 13, USA, 1985, 180 págs.
14. NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION; Standard for the Protection of Electronic Computer/Data Processing Equipment NFPA Nº 75, USA, 1981, 34 págs.
15. NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION; Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems - NFPA Nº 12, USA, 1985, 43 págs.
16. NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION; Standard on Halogenated Fire Extinguishing Agent Systems - Halón 1301 NFPA 12A, USA, 1980, 129 págs.
17. NEMA; Training Manual For Local Fire Protective Signaling Systems, Washington, USA, 1985.

18. PYROTRONICS; Ionization Smoke Detector : Engineer and architect especifications. Catalog Number 6126, Pyrotronics, USA, New Jersey, 1985.
19. PYROTRONICS; Photoelectric Smoke Detectors : Engineer and architect especifications. Catalog Number 6125, Pyrotronics, USA, New Jersey, 1985.
20. PYROTRONICS; PYR-A-LON 1301 Engineered System Design Manual, New Jersey, USA, Marzo 1984, 45 págs.
21. RAGAS MIRANDA, J.A.; Tablas de Ingeniería Económica, Gráfica Morson, Lima, Agosto 1981, 64 págs.
22. SÁNCHEZ, Manuel; El Planteamiento de las Seguridades; En: Revista MAPFRE SEGURIDAD Nº15 Tercer Trimestre, 1984, Madrid, págs. 51-54.
23. SÁNCHEZ, Manuel; El Planteamiento de las Seguridades (II) En: Revista MAPFRE SEGURIDAD Año 4 Nº 16, 1984, Madrid, págs. 48-53.
24. SÁNCHEZ, J. SÁNCHEZ; Detección Automática de Incendio en Almacenes; En: Seguridad de Incendios en Almacenes, España, págs. 91-102.