ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

OIS

NFPA 2001-2025

Sistemas de extinción de incendios mediante agentes limpios



Todos los derechos reservados



ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

NFPA 2001:2025

Sistemas de extinción de incendios con agentes limpios

Todos los derechos reservados

El alcance normativo define los límites exactos de la protección con agentes limpios



Lo que cubre la norma:

- Diseño
- Instalación
- Prueba
- Mantenimiento
- Sistemas de extinción (Capítulo 1)



Exclusiones explícitas:

- Agentes que no se evaporan fácilmente o que dejan residuos tras la descarga.
- Sistemas basados en agua, CO_2 o químicos secos (cubiertos por otras normativas).

Todos los derechos reservados

La jerarquía del lenguaje normativo y el rol de la Autoridad Competente (AHJ)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS

Debe (Shall)

Requisito indispensable. Su incumplimiento invalida la conformidad del sistema.

Debería (Should)

Recomendación o práctica aconsejable, pero no exigida obligatoriamente.



Autoridad Competente (AHJ)

Entidad responsable de aprobar equipos, materiales, instalaciones y procedimientos. Tiene la potestad exclusiva de aceptar desviaciones justificadas de la norma.

Todos los derechos reservados

Taxonomía funcional: Halocarbonados frente a Gases Inertes

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Un **Agente Limpio** es **eléctricamente no conductor, volátil** y no deja residuos tras la vaporización.



Agentes Halocarbonados

- Extinción primaria por enfriamiento (absorción de calor) y acción química.
- Almacenados como gases licuados a presión.

Requieren menor volumen de almacenamiento.



Gases Inertes

- Extinción por desplazamiento físico y reducción del oxígeno disponible.
- Almacenados como gases no licuados (alta presión).

Mezclas de Nitrógeno, Argón y Dióxido de Carbono (Tabla 1.1.1).

Todos los derechos reservados

La clasificación del peligro determina el comportamiento del fuego y la respuesta del sistema

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS



Clase A

Materiales combustibles ordinarios.

⚠ Riesgo de fuego profundo (rescoldo). Requiere tiempos de retención prolongados para evitar la reignición.



Clase B

Líquidos y gases inflamables.

⚠ Fuego de combustión rápida y superficial. Demanda una concentración de extinción inmediata sin requerir absorción



Clase C

Equipos eléctricos energizados.

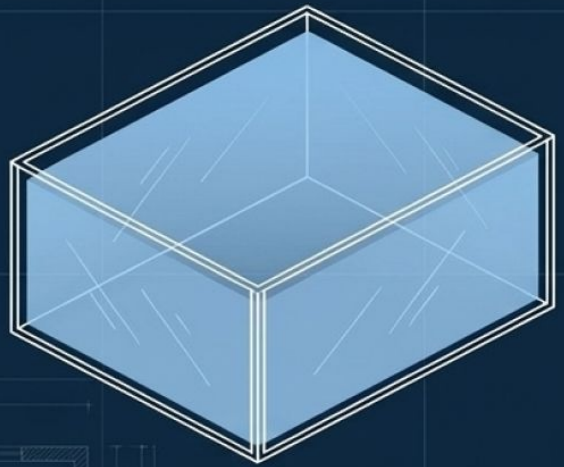
⚠ La no conductividad del agente es el factor crítico. Obliga a considerar las distancias de seguridad eléctrica.

Todos los derechos reservados

Topologías de descarga: Inundación total y aplicación local

OIS ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Inundación Total



Descarga de una cantidad predeterminada de agente en un recinto cerrado para alcanzar una concentración volumétrica específica.

Depende absolutamente de la integridad del encerramiento para retener el gas.

Aplicación Local



Descarga directa sobre un riesgo específico.

No requiere un encerramiento completo; el cálculo se basa en el área, el volumen del peligro y las tasas de flujo directo.

Todos los derechos reservados

Arquitectura de ingeniería: Sistemas diseñados frente a preingenierizados

	Sistemas Diseñados	Sistemas Preingenierizados
Enfoque de Cálculo	Requieren cálculos hidráulicos de flujo específicos e individualizados para cada proyecto.	Basados en parámetros pre-calculados y probados exhaustivamente por el fabricante.
Red de Distribución	Tamaños de tubería y boquillas configurados a medida según la física del flujo.	Utilizan exclusivamente redes de tuberías estandarizadas y boquillas específicas del listado.
Límites de Aplicación	Alta flexibilidad, limitados por el software de diseño listado.	Estrictamente limitados a volúmenes, longitudes máximas y configuraciones fijas del manual del fabricante.

Todos los derechos reservados

El diccionario de concentraciones físicas: Extinción y de Inertización

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Concentración de Extinción



La cantidad mínima de agente requerida para extinguir un fuego bajo condiciones experimentales específicas.

Es el valor base, desprovisto de factores de seguridad del mundo real.

Concentración de Inertización

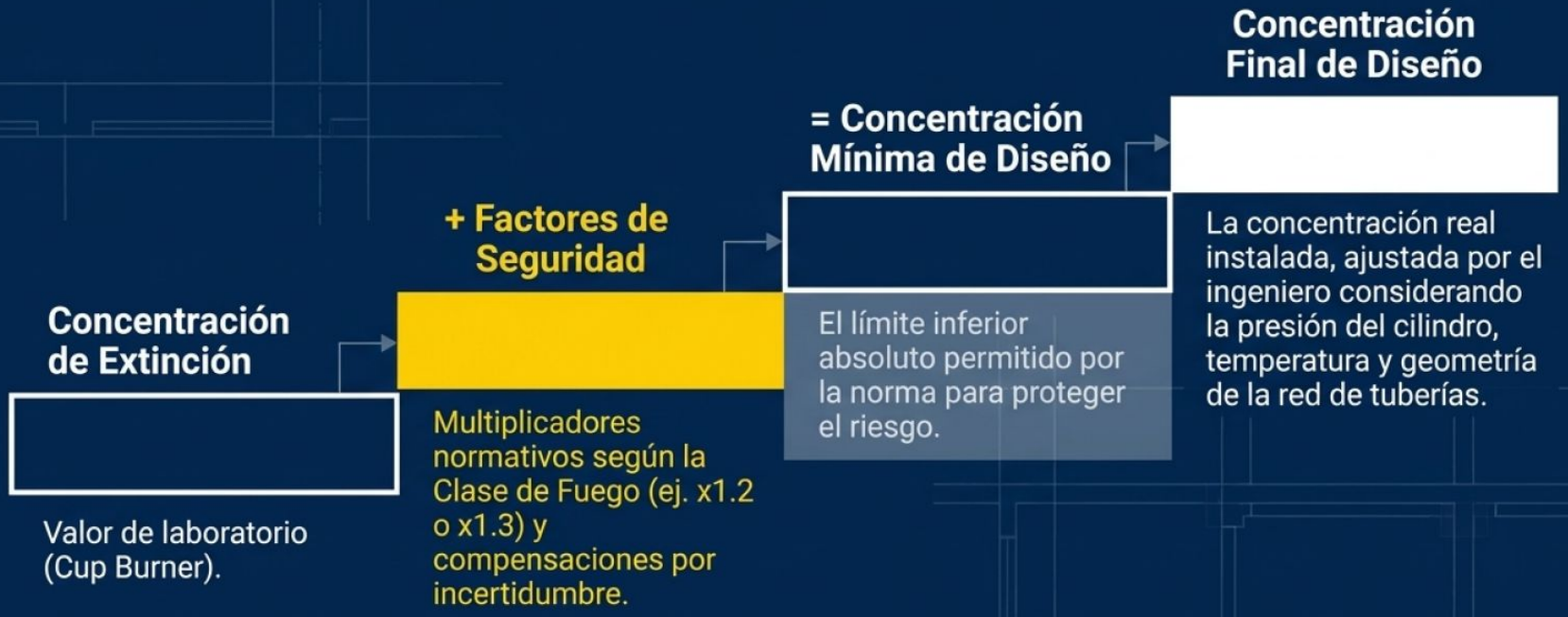


La cantidad mínima requerida para evitar la ignición de una mezcla inflamable o explosiva (gas/aire o vapor/aire).

Exigida en atmósferas con riesgo continuo de explosión, independiente de la presencia de un fuego activo.

Todos los derechos reservados

La cascada de diseño: Del laboratorio a la concentración final



Todos los derechos reservados

Toxicología y seguridad humana:
Los espectros de exposición NOAEL y LOAEL

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS



Nivel Sin Efectos Adversos Observados

La concentración máxima a la cual no se detectan impactos toxicológicos o fisiológicos en humanos. (Zona Segura)

Nivel Más Bajo con Efectos Adversos Observados

El umbral toxicológico de peligro real. Concentraciones iguales o superiores exigen restricciones severas. (Zona de Peligro)

Todos los derechos reservados

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Matriz de ocupación y tiempos máximos de descarga



Recintos Normalmente Ocupados

La Concentración de Diseño debe mantenerse por debajo del LOAEL (o requerir tiempos estrictos de evacuación y bloqueos).



Recintos No Ocupados

Permite concentraciones superiores, pero exige alarmas de pre-descarga, señalización y válvulas de bloqueo para personal de mantenimiento.

Todos los derechos reservados

Desglose operativo: La taxonomía de las **intervenciones del sistema**

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Inspección

Recreación visual del estado del sistema. Aseguramiento rápido de que el equipo está en su lugar, sin daños evidentes y operativo. (Típicamente mensual).

Prueba (Testing)

Comprobación física de funcionamiento. Operación simulada o mecánica de válvulas, detectores y enclavamientos para garantizar que responderán a la emergencia.

Mantenimiento

Acción preventiva o correctiva programada para reparar, sustituir o ajustar componentes, asegurando la máxima fiabilidad.

Servicio (Service)

Toda intervención profunda, que exige personal calificado y certificado, a menudo implicando manipulación de agentes presurizados y desarme de equipos.

Todos los derechos reservados

La cadencia normativa del ciclo de vida del sistema

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Mensual

Inspección visual rápida.

Verificar estado de cilindros, presión (manómetros), alineación de válvulas y ausencia de obstrucciones en boquillas.



Semestral

Servicio e inspección de peso/presión.

Verificación rigurosa de la cantidad de agente en contenedores (pérdidas no deben exceder el límite normativo) y estado de presurización.

Anual

Inspección integral del sistema.

Prueba funcional completa del panel de control, detección, alarmas y revisión exhaustiva de la integridad estructural de la tubería y el recinto.

Todos los derechos reservados

Gestión de Indisponibilidad (Loss of Protection) Protocolo de emergencia

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

1. Identificación y Nombramiento

Un sistema fuera de servicio total o parcial exige la asignación inmediata de un Coordinador de Indisponibilidad.

2. Etiquetado (Tagging)

Colocación obligatoria de etiquetas de advertencia en paneles de control, conexiones físicas y áreas afectadas.

3. Notificación Obligatoria

Aviso formal a la Autoridad Competente (AHJ), compañía de seguros, bomberos locales y ocupantes del edificio.

4. Mitigación Provisional

Implementación de patrullas de vigilancia de incendios (fire watch) o medidas compensatorias hasta la restauración documentada del sistema.

Todos los derechos reservados

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS

NFPA 2001:2025 · PARTE 2 DE 9

Requisitos Generales y Seguridad Humana

Capítulo 4 · Calificación, limitaciones, toxicología y operación segura

Todos los derechos reservados

Requisitos de Competencia Técnica y Ciclo de Vida



1. Diseño e Ingeniería → 2. Instalación de Componentes → 3. Puesta en Servicio (Commissioning) → 4. Mantenimiento e Inspección

Regla Normativa: Todo personal involucrado debe estar formalmente entrenado y **calificado** en las funciones específicas que desempeña en cada fase.

Todos los derechos reservados

Restricciones Químicas de los Agentes Limpios

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS



Sustancias que generan oxígeno

Ej. Nitrato de celulosa (pólvora sin humo). El agente limpio sofoca, pero el material se auto-oxigena internamente.



Metales reactivos

Litio, sodio, potasio, magnesio, titanio, circonio, uranio, plutonio.



Hidruros metálicos

Altísimo riesgo de reacción violenta al contacto.



Químicos autotérmicos

Compuestos sujetos a descomposición térmica espontánea (ej. ciertos peróxidos).

ADVERTENCIA

El uso de agentes limpios en estos peligros está prohibido a menos que se hayan realizado pruebas de listadoo específicas a completa satisfacción de la autoridad competente.

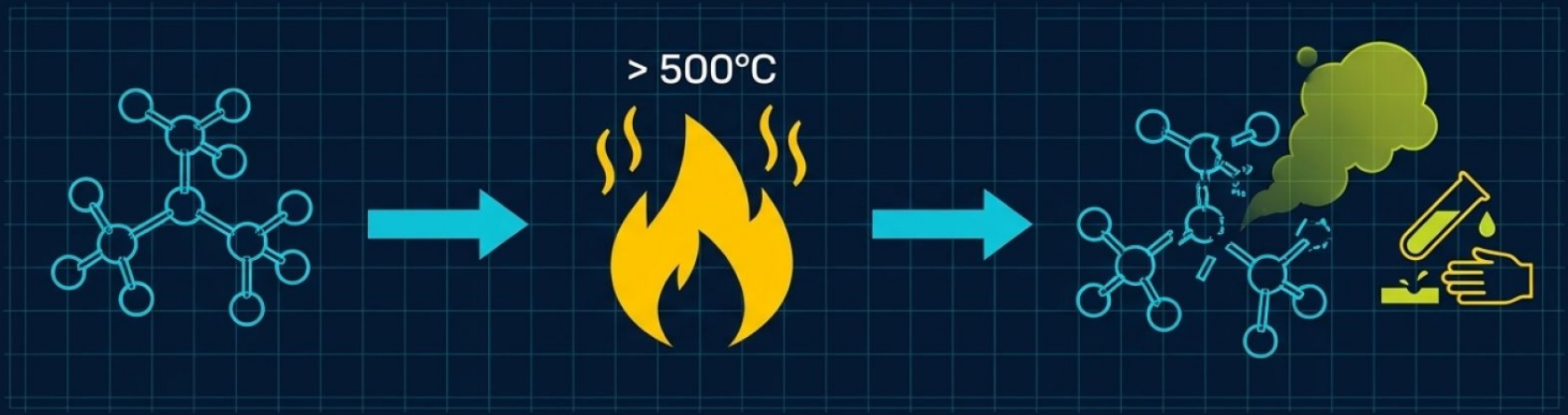
Todos los derechos reservados

Efectos Térmicos y Descomposición de Halocarbonos

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Mecanismo: Al entrar en contacto con llamas o superficies calientes, los agentes halocarbonados sufren una ruptura molecular.

Subproducto Crítico: Ácido fluorhídrico (HF). Gas altamente irritante y corrosivo, peligroso para la vida y los equipos.



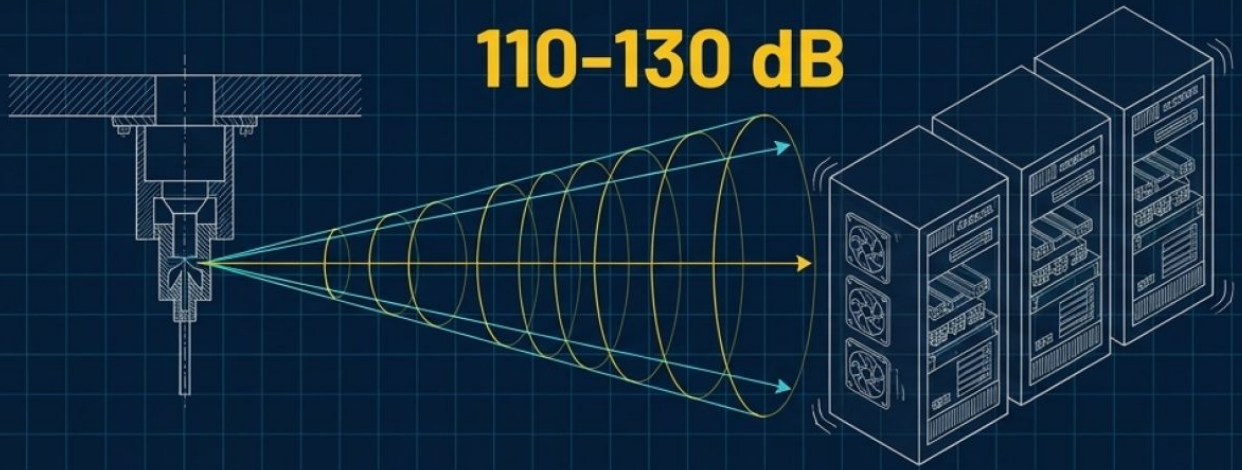
0s — **10s**

Mitigación por Diseño: Reducir el tiempo de exposición del agente a las llamas mediante concentraciones precisas y un tiempo de descarga extremadamente rápido (≤ 10 segundos en sistemas de inundación total).

Todos los derechos reservados

Riesgos Físicos: Impacto Acústico en Centros de Datos

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS



Dinámica de Descarga

La liberación de agentes limpios a alta presión a través de orificios restrictivos genera picos masivos de energía acústica.

⚠ Riesgo Estructural

Las unidades de disco duro (HDD) magnéticas son susceptibles a daños físicos permanentes o degradación severa de rendimiento al recibir frecuencias específicas y altos niveles de presión sonora.

Estrategia de Atenuación

Selección de boquillas acústicas certificadas, cálculos precisos de atenuación en la red de distribución y rediseño espacial.

Todos los derechos reservados

Evaluación de Riesgos por Inhalación: Conceptos Toxicológicos Base

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS



(No Observed Adverse Effect Level) Máxima concentración a la cual **no se observan** efectos fisiológicos adversos (como cardiotoxicidad o sensibilización cardíaca). **Nivel seguro de base.**

(Lowest Observed Adverse Effect Level) **Mínima concentración** a la cual se manifiestan los primeros efectos adversos medibles. **Inicio del umbral de peligro.**

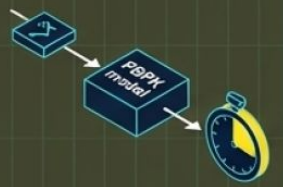
Modelo PBPK (Pharmacokinetic Physiologically Based)

Modelo matemático fisiológico utilizado para calcular los **tiempos máximos de exposición segura** basados en la **tasa de absorción del agente en la sangre** frente al tiempo de permanencia en el recinto.

Todos los derechos reservados

Límites de Exposición Humana para Agentes Halocarbonados

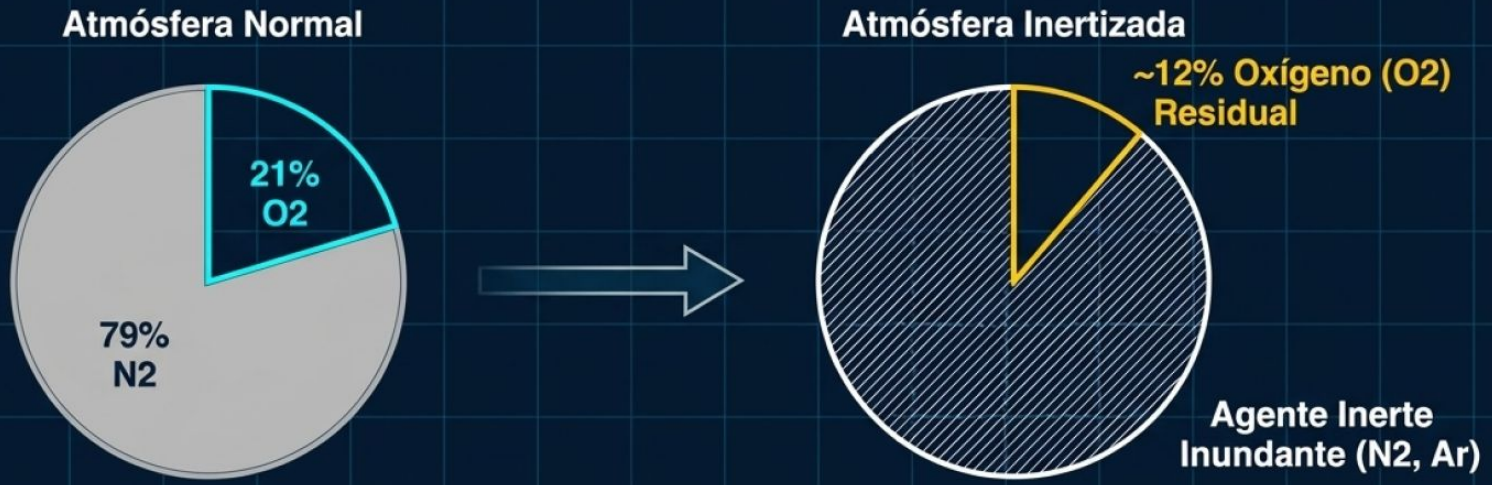
OIS ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Condición 1: Concentración ≤ NOAEL	**Tiempo permitido:** Generalmente hasta 5 minutos de exposición segura para evacuación completa.
Condición 2: Entre NOAEL y LOAEL	**Tiempo permitido:** Estrictamente restringido por los cálculos del modelo PBPK. El tiempo de tolerancia se reduce drásticamente a medida que la concentración se acerca al límite superior. 
Condición 3: Concentración ≥ LOAEL	**Prohibición absoluta:** No se permite su uso en espacios normalmente ocupados, salvo excepciones altamente controladas con sistemas de bloqueo rigurosos aprobados. 

Todos los derechos reservados

Mecanismo de Extinción de Gases Inertes: Desplazamiento de Oxígeno

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD



Principio de Funcionamiento

Los gases inertes (Nitrógeno, Argón o mezclas como IG-541) extinguen el fuego inundando el volumen y reduciendo el nivel de oxígeno por debajo del umbral de combustión (usualmente < 15%).

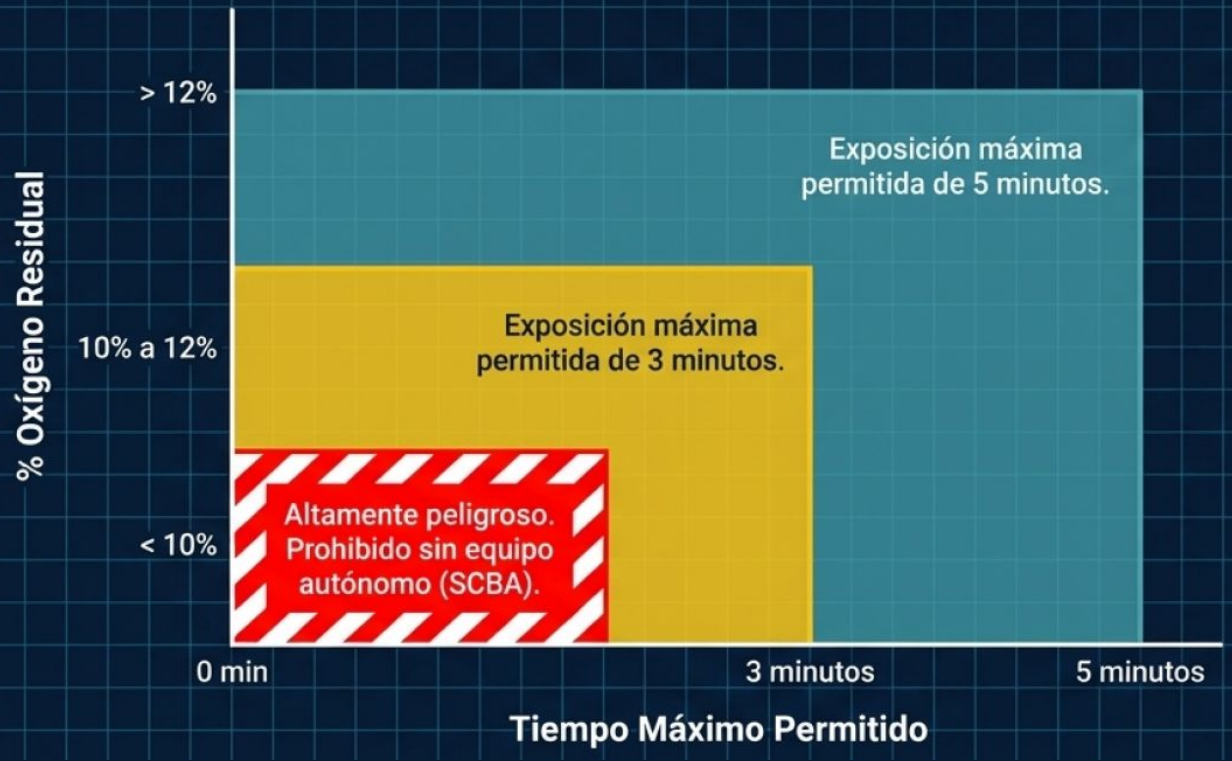
Efecto Fisiológico (Hipoxia)

La reducción artificial de oxígeno afecta directamente la capacidad cognitiva, motora y respiratoria humana. La seguridad operativa y los tiempos de evacuación se dictan exclusivamente en función del porcentaje de oxígeno residual en el recinto.

Todos los derechos reservados

Tiempos Críticos de Permanencia (Equivalencia a Nivel del Mar)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS



Corrección por Altitud

Obligatorio ajustar los cálculos de presión parcial de oxígeno en recintos situados en altitudes superiores al nivel del mar. La hipoxia se agrava con la altura.

Todos los derechos reservados

Planificación de Evacuación y Medios de Egreso

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD



Requisito Fundamental

Proveer medios de escape rápidos y seguros para la evacuación inmediata del personal antes de que el agente alcance concentraciones críticas.

Retardos de Descarga (*Time Delays*)

Deben configurarse con el tiempo exacto y estrictamente suficiente para evacuar, sin comprometer el control del incendio.

(Justificación rigurosa requerida en edición 2025).

Alarmas Pre-descarga

Indispensables. Sistemas audiovisuales con un tono distintivo e inequívoco que indique operación del sistema y evacuación inminente.

Todos los derechos reservados

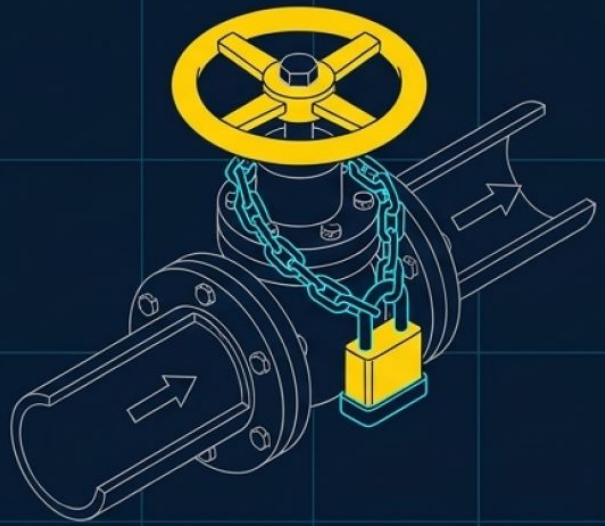
Salvaguardas Físicas para Personal en Riesgo (Enclavamientos)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD



Interruptor de Desconexión (Disconnect Switch)

Medio físico para evitar la activación eléctrica del sistema durante labores de mantenimiento en el panel, la red o el propio recinto.



Válvula de Bloqueo Mecánico (Lockout Valve)

Obligatoria (crítica en gases inertes o sistemas multizona). Asegura mecánicamente que el flujo de agente no pueda ingresar a un espacio ocupado.

Todos los derechos reservados

Arquitectura de Señalización Reglamentaria (Warning Signs)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD



Señal de Alarma (Exterior)

Indica el riesgo. Instruye no entrar al espacio si suena la alarma.





Señal de Puerta (Entradas)

Notificación permanente. Informa que el área está protegida por un agente limpio y detalla las reglas generales de acceso.



Señal de Recinto (Interior)

Provee instrucciones de evacuación inmediatas en caso de que se active la alarma mientras el personal está dentro.



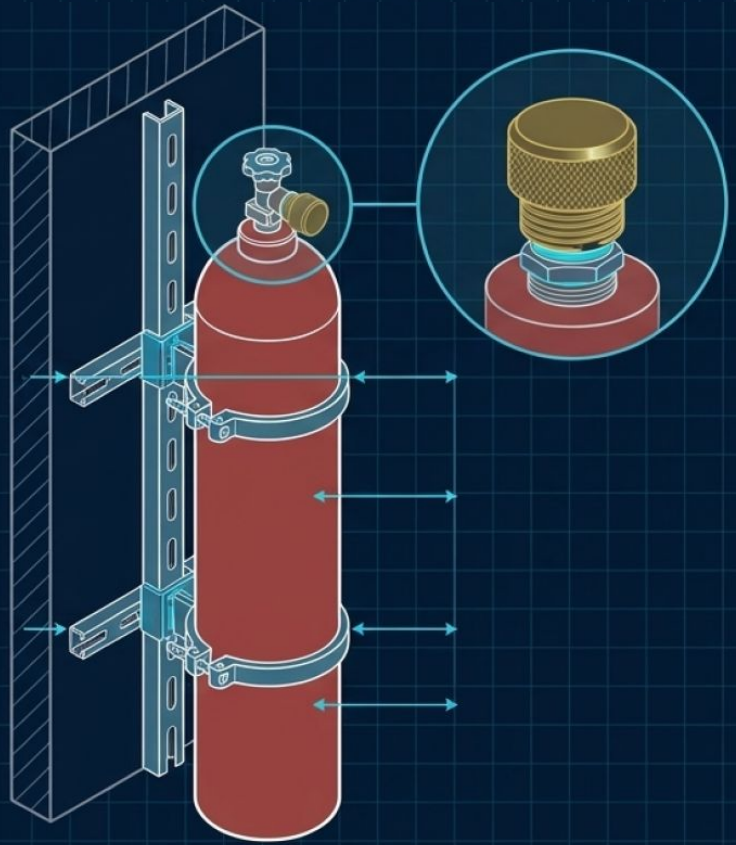
Señal de Acción Manual

Ubicada junto a estaciones de descarga manual y botones de aborto, detallando claramente su función y consecuencias operativas.

Todos los derechos reservados

Precauciones Mecánicas: Almacenamiento y Manipulación

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS



El Riesgo Físico

La liberación accidental de la válvula principal convierte a un contenedor presurizado en un proyectil de alta energía letal.

Tapones Antisubmarino (Anti-recoil caps)

Obligatorios e innegociables siempre que el cilindro sea desconectado de la red de tuberías (durante instalación, pesaje, recarga o transporte).

Fijación Estructural

Todos los contenedores deben estar rígidamente asegurados a estructuras de soporte calculadas, para evitar cualquier movimiento inducido por el empuje dinámico de la descarga.

Todos los derechos reservados

Espacios Libres a Componentes Eléctricos Energizados

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD



Requisito Normativo (NFPA 70 / NEC)

Todos los componentes metálicos no aislados del sistema de extinción (tuberías, cilindros, boquillas) deben respetar las distancias mínimas (clearances) hacia partes eléctricas vivas.

Variables de Cálculo

La distancia de seguridad dieléctrica se incrementa proporcionalmente según dos factores:

1. Nivel de tensión nominal operativa (kV).
2. Nivel Básico de Aislamiento al Impulso (BIL) del equipo protegido.

Prevención

Evita arcos eléctricos que puedan dañar la red de tuberías o electrocutar al personal en contacto con el sistema de supresión.

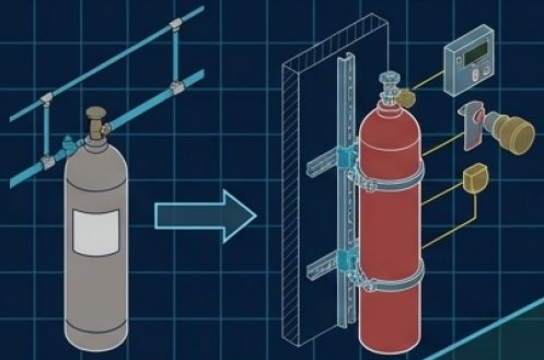
Todos los derechos reservados

Intercambio de Agentes, Retrofit y Perfil Ambiental

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Sistema Existente / Halón

Desafíos del Retrofit: Sustituir un agente antiguo requiere obligatoriamente: recálculo de tuberías hidráulicas (debido al flujo de fluidos diferentes), reemplazo de boquillas específicas y actualización de paneles de control.



Sistema Nuevo / Agente Limpio Moderno

Compatibilidad Estricta: Los agentes limpios nunca deben mezclarse dentro del mismo contenedor ni descargarse simultáneamente en una misma red sin un rediseño holístico certificado.



Criterios Ambientales Globales



Se debe evaluar el **Potencial de Agotamiento de Ozono (ODP)** y el **Potencial de Calentamiento Global (GWP)** al seleccionar agentes.
La norma prioriza la recuperación y reciclaje controlados frente al venteo libre a la atmósfera.



Todos los derechos reservados

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

CURSO TÉCNICO NFPA 2001:2025

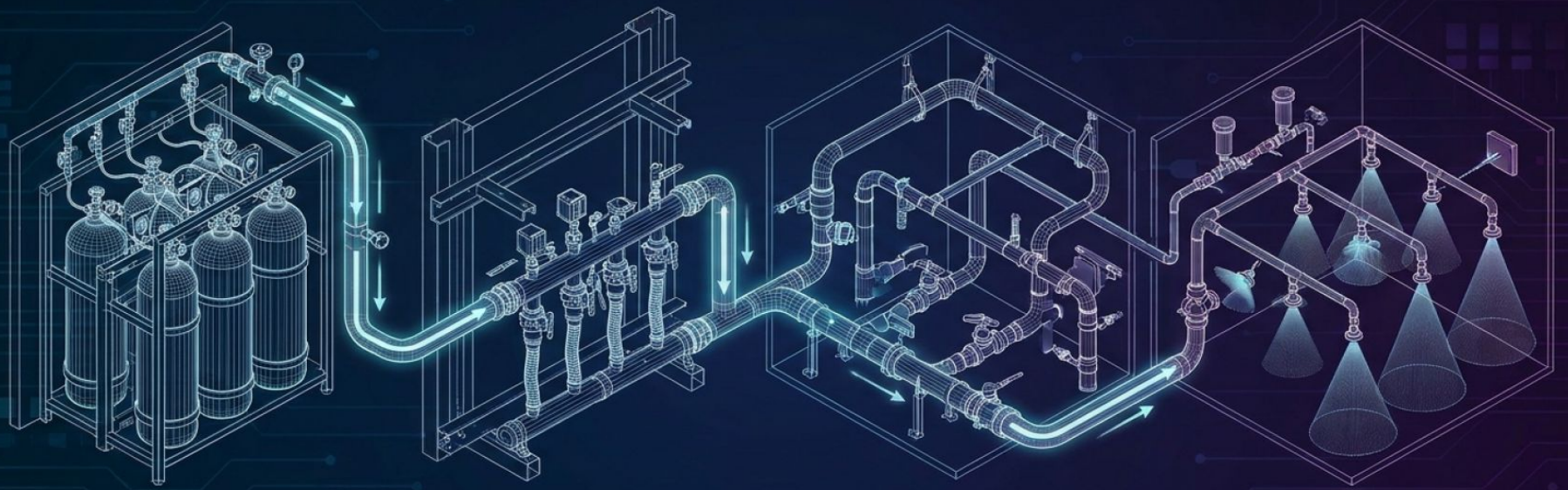
Bloque 03: Componentes de Almacenamiento y Distribución

Diseño y Especificaciones del Capítulo 5

Todos los derechos reservados

La Anatomía del Sistema: El Flujo de Protección

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD



1. El Origen
Cantidades primarias y de reserva, calidad química y pureza del agente (5.1.1 - 5.1.2).

2. La Contención
Cilindros, presurización, colectores y trazabilidad física (5.1.3 - 5.1.4).

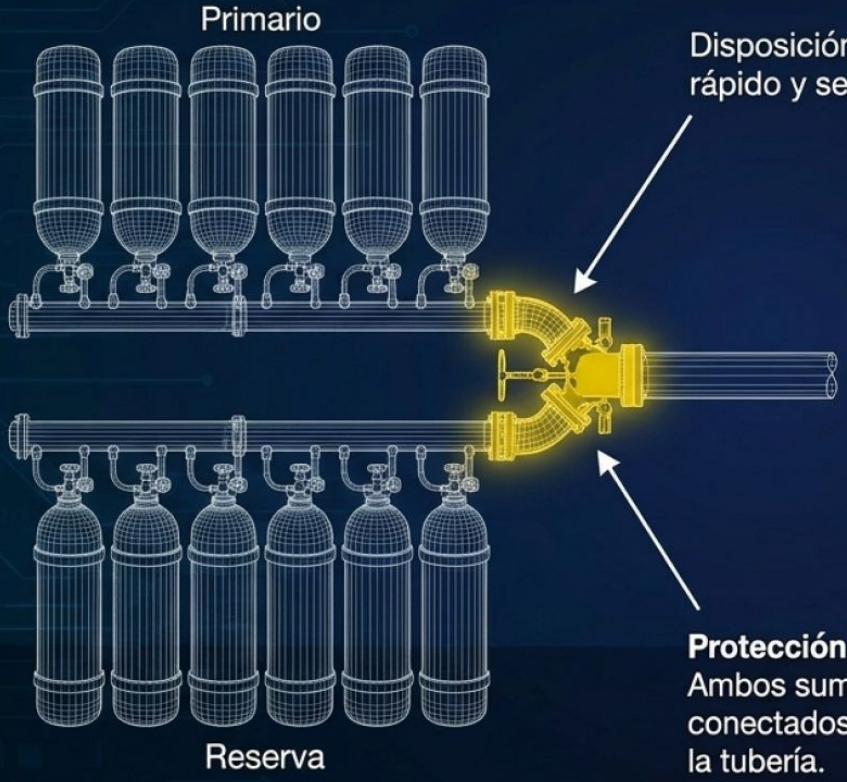
3. La Distribución
Red de tuberías, presiones, uniones y soportes contra esfuerzos dinámicos (5.2.1 - 5.2.3).

4. La Descarga
Válvulas direccionales, dispositivos de alivio y cobertura de boqulllas (5.2.4 - 5.2.5).

Todos los derechos reservados

Suministro Primario y Reserva de Agente (5.1.1)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS



Disposición para cambio rápido y seguro

Múltiplos Exactos (5.1.1.2)

La reserva debe consistir en tantos múltiplos del suministro primario como considere necesario la Autoridad Competente (AHJ).

Protección Ininterrumpida (5.1.1.3). Ambos suministros deben estar conectados permanentemente a la tubería.

Todos los derechos reservados

Calidad, Composición y Trazabilidad del Agente (5.1.2)

Agentes Halocarbonados

- Pureza mínima: 99.0% mol.
- Residuos no volátiles: 0.05 g/100 ml máx.
- Humedad: 0.001% peso máx.

Homogeneidad (5.1.2.2).
Las mezclas deben mantenerse homogéneas en los rangos de temperatura listados.

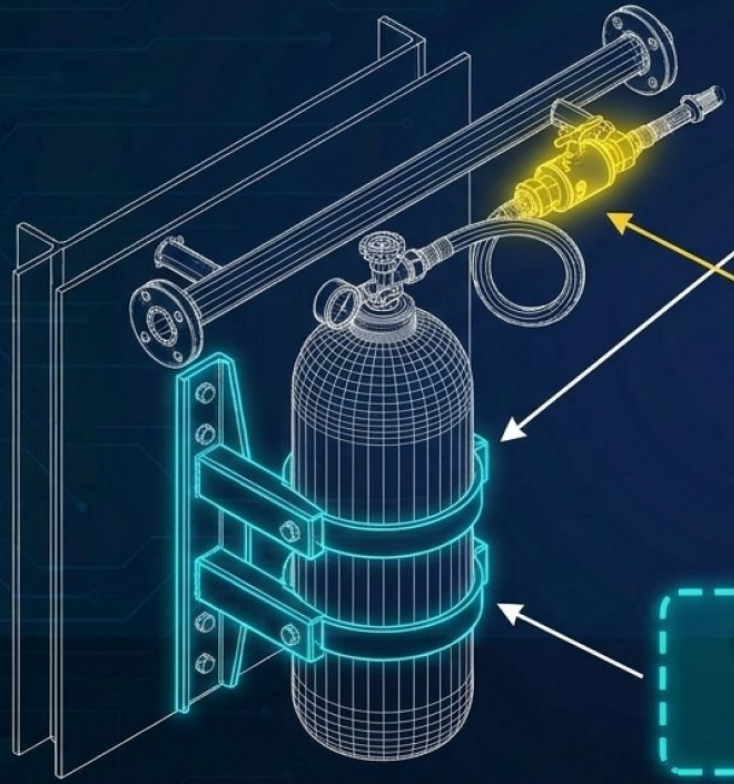
Gases Inertes

- Mezclas estrictamente tabuladas (ej. IG-541: 52% N2, 40% Ar, 8% CO2).
- Límite de agua: 0.005% peso máx.

Todos los derechos reservados

Arreglo y Seguridad Física de los Contenedores (5.1.3)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS



Ubicación (5.1.3.1).
Accesibles para inspección y recarga. Se permite ubicarlos dentro o fuera del riesgo protegido. No expuestos a daño mecánico, químico o intemperie (5.1.3.3).

Prevención de Fugas (5.1.3.5).
Obligatorio el uso de válvulas de retención (check valves) u medios automáticos en colectores compartidos para evitar pérdida de agente si se retira un cilindro.

Sujeción Marina (13.4.5). En aplicaciones navales, cada contenenedor exige un mínimo de DOS soportes para evitar el movimiento por vibración.

Todos los derechos reservados

Presurización, Carga y Control Térmico (5.1.4)



Gases Inertes (5.1.4.1.1): Cargados a la presión especificada en el manual del fabricante, corregida por temperatura.

Halocarbonos (5.1.4.1.2): Cargados a la densidad de llenado y nivel de superpresurización especificados, corregidos por temperatura.

Indicadores de Nivel (LLI) (5.1.4.5). Si el equipo incluye un indicador de nivel de líquido, este componente y su método deben estar estrictamente listados.

Todos los derechos reservados

Reglas de Conexión a Colectores Múltiples (5.1.4.6)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Agentes Halocarbonados



TAMAÑO UNIFORME. Todos los contenedores que alimentan una misma salida de colector deben ser intercambiables y de un único tamaño y carga.

Gases Inertes

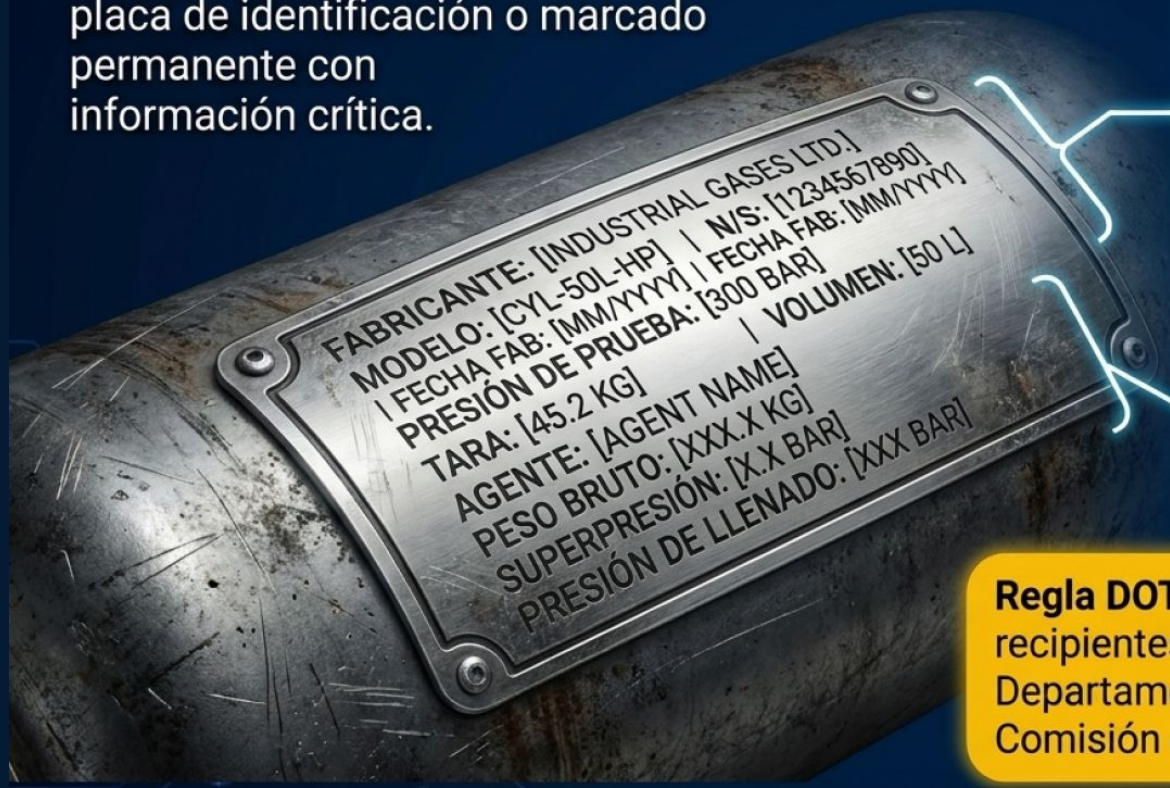


TAMAÑOS MIXTOS PERMITIDOS. Se permite conectar contenedores de múltiples tamaños de almacenamiento a un colector común.

Todos los derechos reservados

Trazabilidad y Marcado Permanente (5.1.4.2)

Todo contenedor debe contar con una placa de identificación o marcado permanente con información crítica.



Requisitos para Halocarbonos: Identidad del agente, pesos Tara y Bruto, y nivel de superpresurización (cuando aplique).

Requisitos para Inertes: Identidad del agente, presión de presurización y volumen nominal del agente.

Regla DOT/CTC (5.1.4.3). El diseño de los recipientes debe estar regido por el Departamento de Transporte (DOT) o la Comisión de Transporte Canadiense (CTC).

Todos los derechos reservados

Especificaciones de Materiales para Distribución (5.2.1 y 5.2.2)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS



Acero galvanizado, acero inoxidable, cobre, latón. Tuberías no ferrosas con propiedades físicas y químicas idóneas para resistir la presión y la corrosión.

Prohibido (5.2.2.4): Accesorios de hierro fundido (Cast-iron).

Prohibido (5.2.2.5): Accesorios de Clase 150 (Class 150).

Tablas de Accesorios (A.5.2.2.2).
Los accesorios listados en tablas normativas asumen tuberías de extremo abierto. Las secciones cerradas requieren cálculos específicos.

Todos los derechos reservados

Integridad de Uniones, Roscas y Soldaduras (5.2.2)

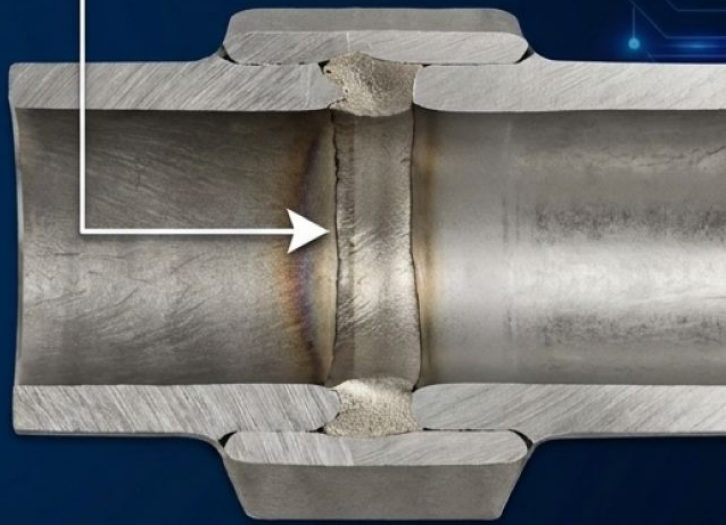
ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS



Aplicación de Cinta/Lubricante (5.2.2.6). La cinta de teflón o compuesto sellador solo debe aplicarse a las roscas macho de la unión para evitar obstrucciones internas.

Cumplimiento con roscas ASME B1.20.1 o ISO 7-1.

Punto de Fusión (5.2.2.7). Aleaciones de soldadura deben tener un punto de fusión superior a 1000°F (538°C).



Todos los derechos reservados

Soportes, Colgadores y Esfuerzos Dinámicos (5.2.3)

El sistema de distribución no solo soporta peso estático, sino violentos esfuerzos dinámicos durante la descarga inicial.

Regla (5.2.3.1): Soportes y colgadores deben ser listados y soportar el peso muerto más el empuje (thrust) de la descarga.



Regla (5.2.3.4): Las tuberías deben tener soportes rígidos para evitar oscilaciones perjudiciales.

Sismos (5.2.3.5). Donde se requiera sujeción sísmica, debe cumplirse con los códigos locales y los requisitos de la AHJ.

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

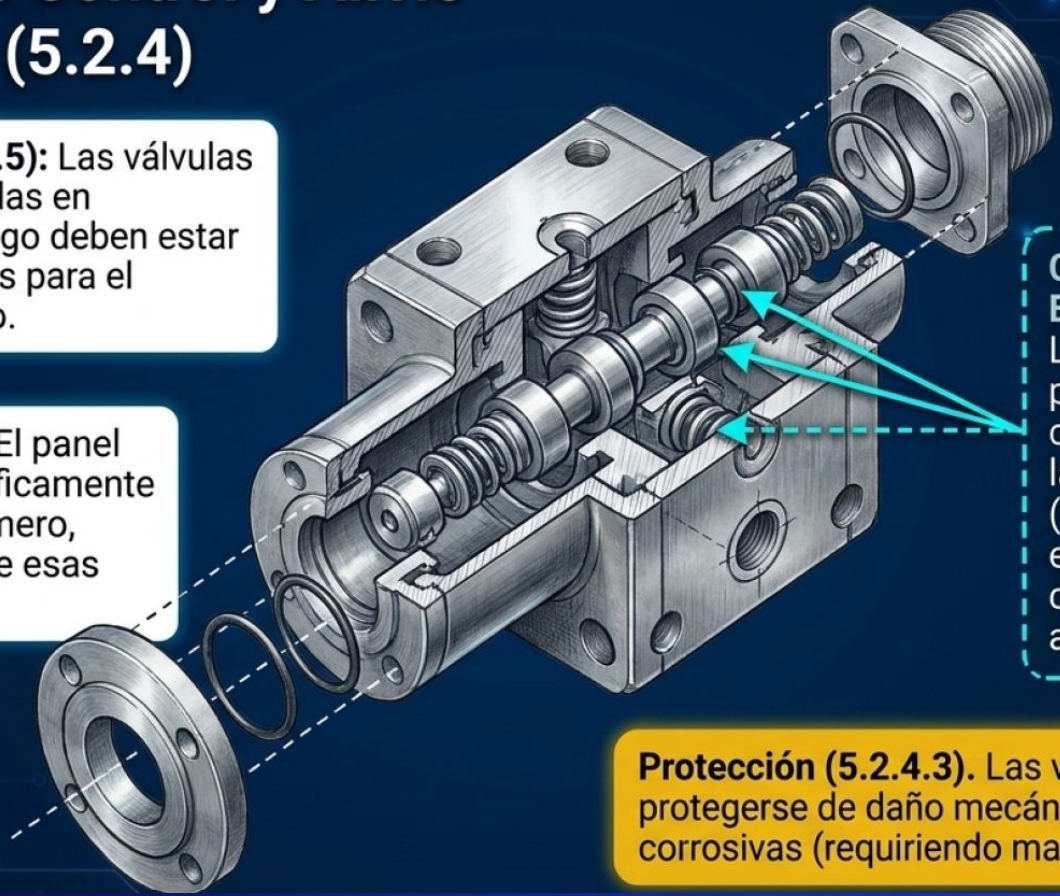
Todos los derechos reservados

Válvulas de Control y Alivio de Presión (5.2.4)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS

Multiriesgo (5.2.4.5): Las válvulas direccionales usadas en sistemas multiriesgo deben estar listadas/aprobadas para el sistema específico.

Control (5.2.4.6): El panel debe estar específicamente listado para el número, tipo y operación de esas válvulas.



Compatibilidad de Elastómeros (A.5.2.) Los agentes nuevos pueden reaccionar con sellos antiguos. las juntas tóricas (O-rings) deben ser estrictamente compatibles con el agente específico.

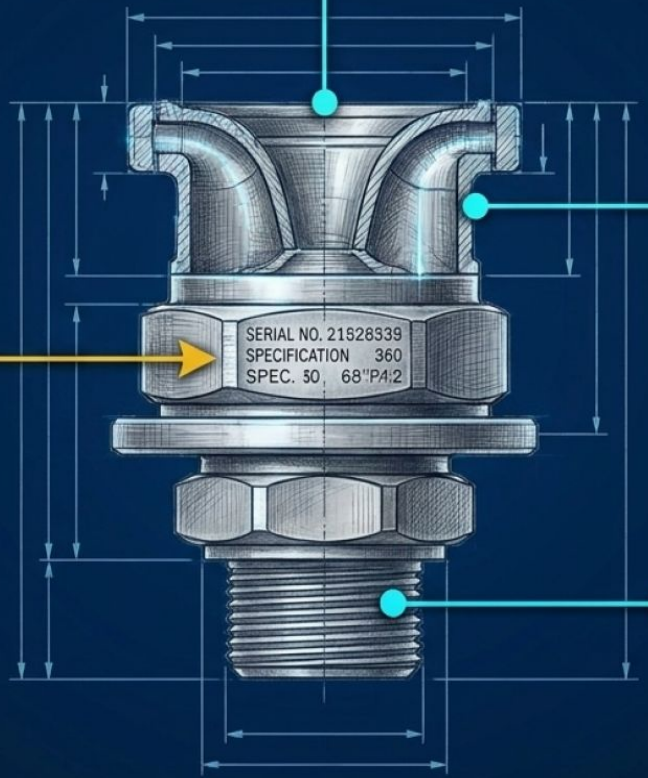
Protección (5.2.4.3). Las válvulas deben protegerse de daño mecánico y atmósferas corrosivas (requiriendo materiales especiales).

Todos los derechos reservados

Selección e Identificación de Boquillas (5.2.5)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

1 **Listado (5.2.5.1):** Deben estar listadas para el uso previsto e instaladas dentro de sus limitaciones aprobadas.



Marcado Permanente (5.2.5.4). Deben mostrar el número de parte, orificio, u identificación grabada que permita verificar el área de orificio equivalente.

2 **Material (5.2.5.2):** Fabricadas de metales no combustibles, resistentes o protegidos contra el ambiente corrosivo esperado.

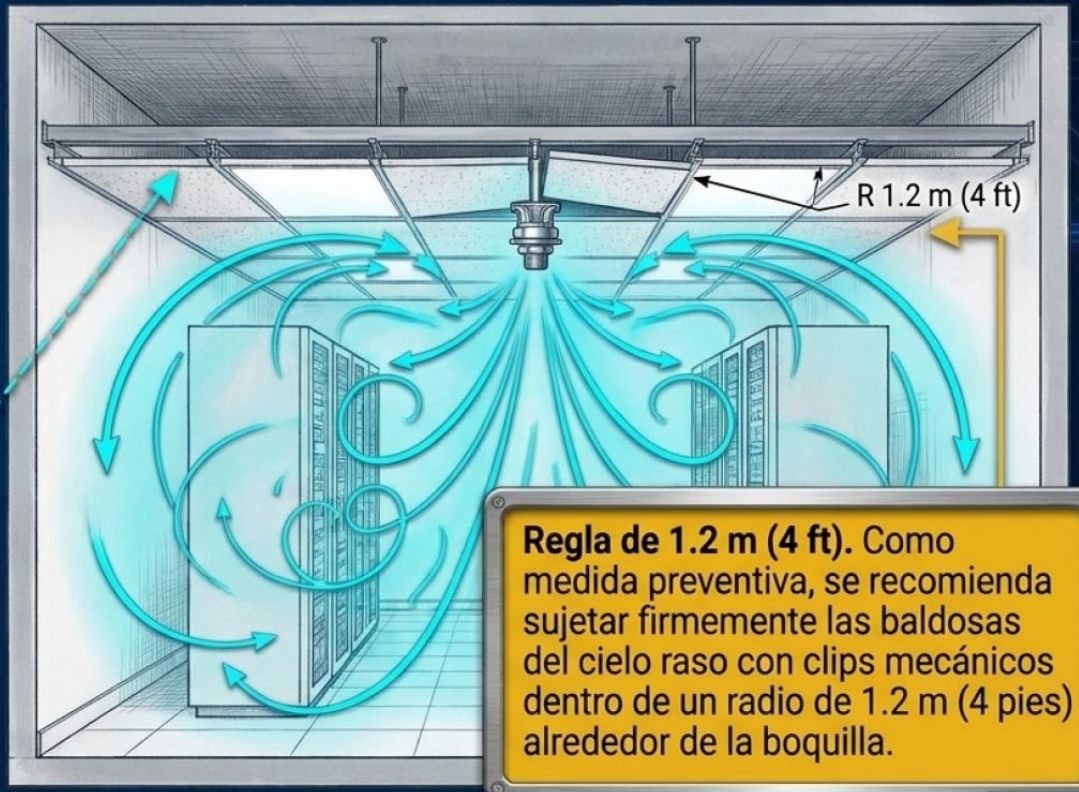
3 **Tapas (5.2.5.5):** Deben incluir tapas de purga (blow-off caps) u otros dispositivos donde exista riesgo de obstrucción por suciedad.

Todos los derechos reservados

Orientación y Protección Espacial de Boquillas (5.2.5)

Advertencia de Impacto (A.5.2.5.5). El choque del agente durante la descarga puede afectar negativamente la formación de una concentración homogénea si choca contra bandejas de cables o pasillos

Desplazamiento de Plafones (Anexo D.1.2.3.8). La turbulencia extrema de la descarga puede levantar cielos rasos falsos (ceiling tiles), comprometiendo la integridad del recinto.



Regla de 1.2 m (4 ft). Como medida preventiva, se recomienda sujetar firmemente las baldosas del cielo raso con clips mecánicos dentro de un radio de 1.2 m (4 pies) alrededor de la boquilla.

Todos los derechos reservados

Síntesis: La Cadena de Integridad (Capítulo 5)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Origen: Calidad química garantizada y supervisión de peso/presión.

Contención: Manifolds regulados y válvulas de retención bidireccionales.



Fuerza: Red atenuada contra empujes sísmicos y dinámicos.

Ruta: Materiales inmunes a rotura térmica, roscas aisladas de bloqueo interno.

Entrega: Expansión calculada, orificios verificables y mitigación de turbulencia.

Todos los derechos reservados

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

NFPA 2001:2025 · Bloque 04

Ingeniería, Planos y Documentación de Diseño

Requisitos normativos para la especificación, cálculo, validación y entrega de sistemas de extinción con agentes limpios (Capítulo 6)

Todos los derechos reservados

Especificaciones de Ingeniería y Alcance [6.1.1]

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD



Autoría y Supervisión

Las especificaciones de diseño deben prepararse bajo la supervisión de una persona completamente experimentada y calificada en estos sistemas [6.1.1.1].



Contenido Obligatorio

Las especificaciones deben incluir todos los elementos para un diseño correcto [6.1.1.2]:

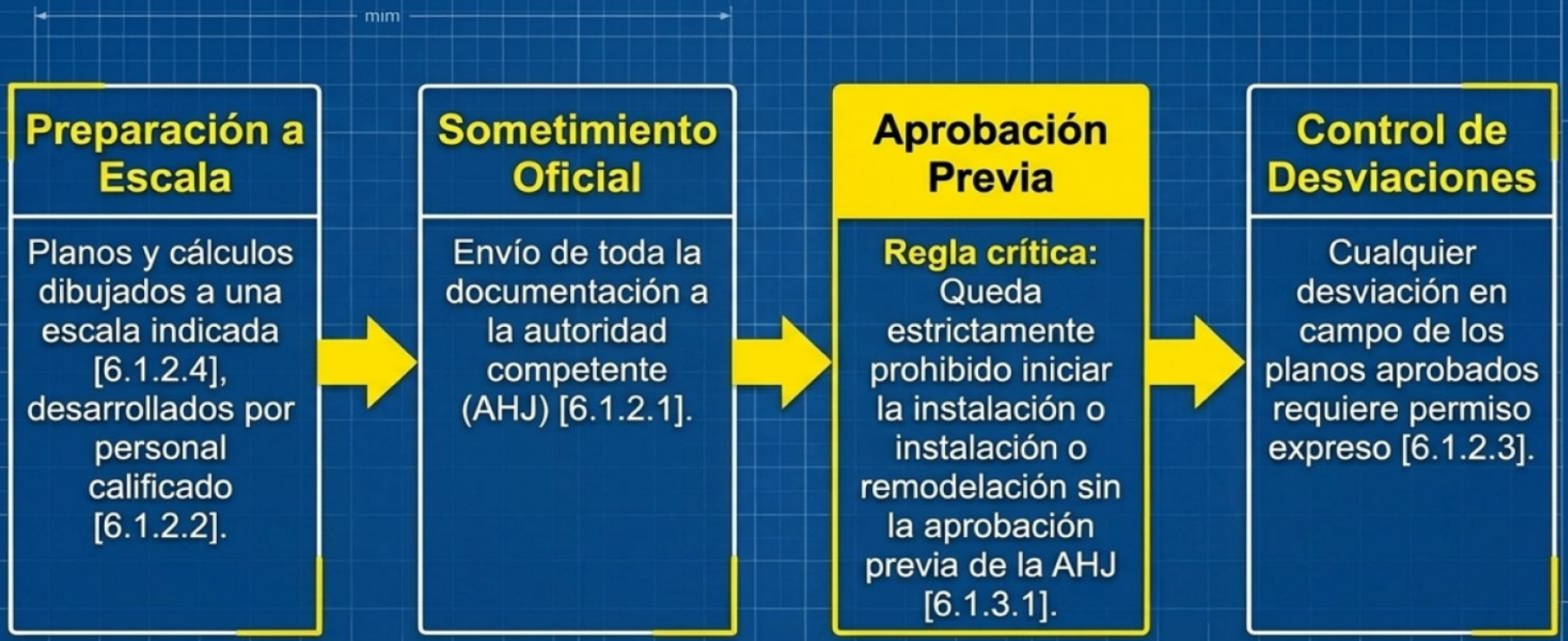
- Designación de la AHJ
- Excepciones autorizadas
- Criterios de diseño y secuencia
- Pruebas de aprobación
- Capacitación para el propietario

Todos los derechos reservados

Ciclo de Aprobación Documental [6.1.2]

OIS ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

NFPA 2025



Todos los derechos reservados

Caracterización del Riesgo y Volumetría [6.1.2.5]

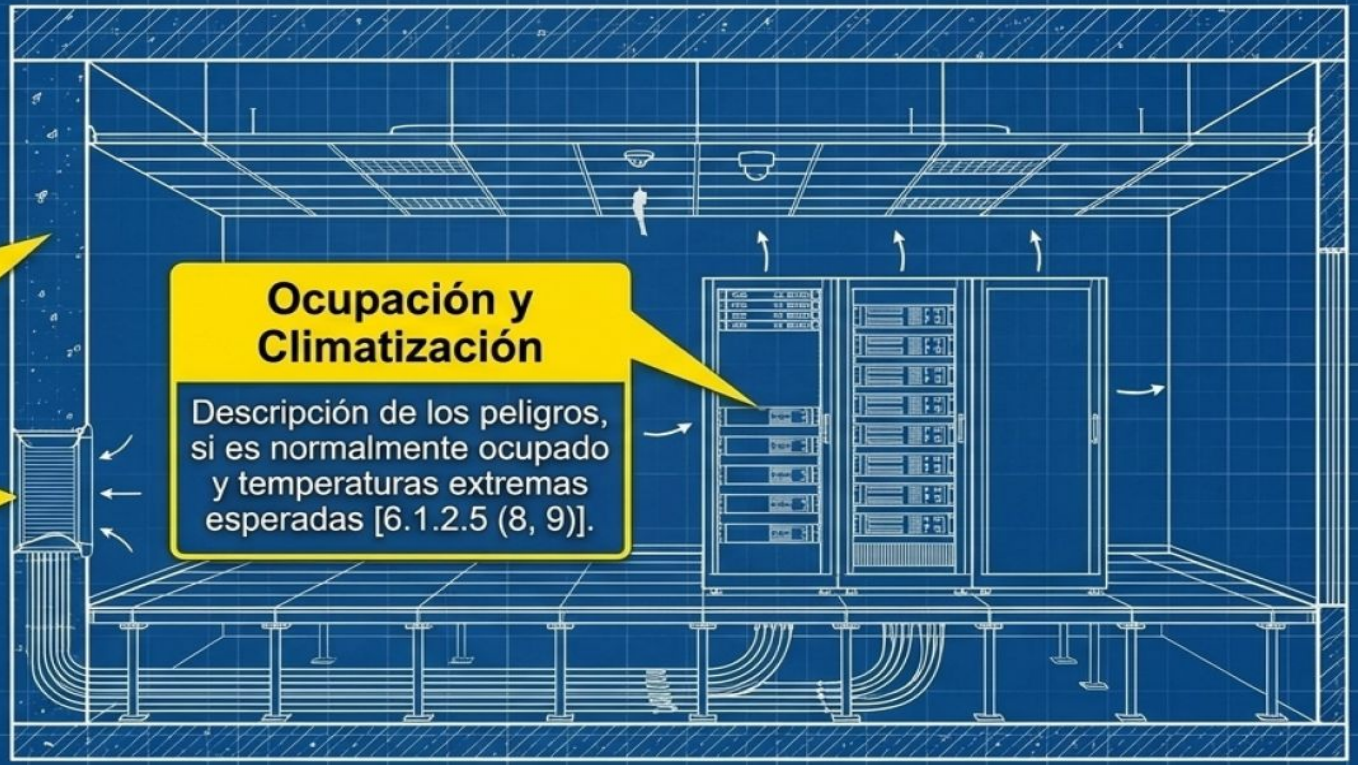
ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Fronteras y Cerramientos

Ubicación y construcción de paredes, particiones, muros cortafuego y exposiciones circundantes [6.1.2.5 (4-6, 11)].

Dinámica de Presiones

Estimación de presión máxima en descarga y área de ventilación de alivio para evitar exceder el límite estructural [6.1.2.5 (10, 28)].



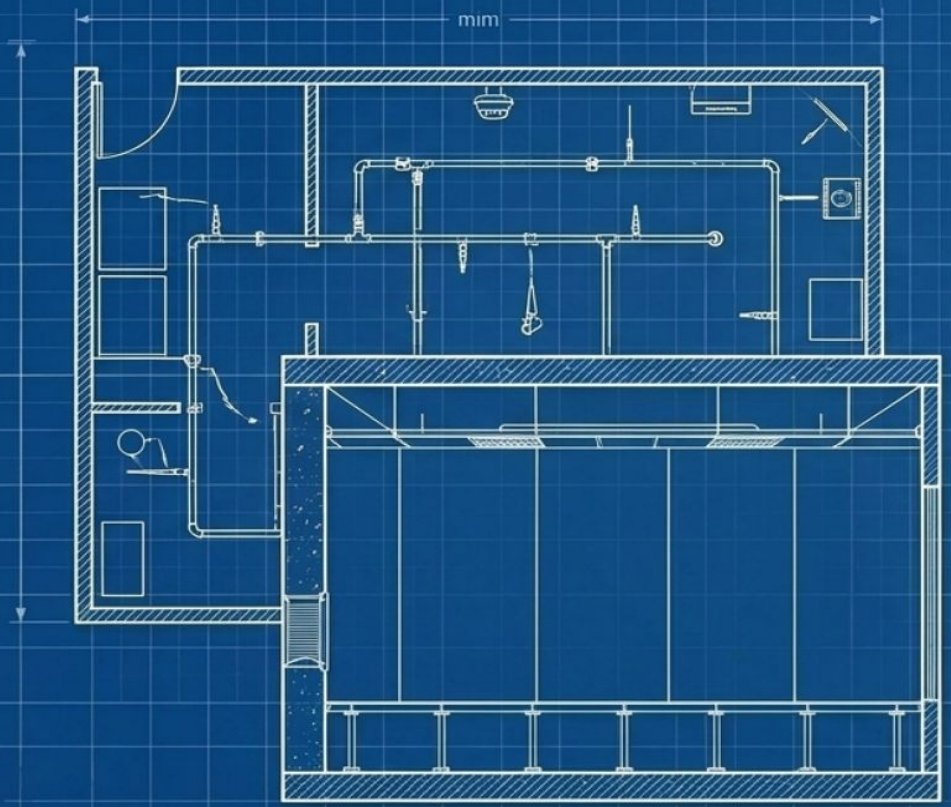
Ocupación y Climatización

Descripción de los peligros, si es normalmente ocupado y temperaturas extremas esperadas [6.1.2.5 (8, 9)].

Todos los derechos reservados

Representación Espacial: Planta y Sección [6.1.2.5]

OIS ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD



Vista de Planta [6.1.2.5 (18)]

Debe mostrar particiones (altura total y parcial), ubicación de contenedores de agente, rutas de tuberías, boquillas, tipos de colgadores/soportes, detectores, alarmas y panel de control.

Sección Transversal [6.1.2.5 (6)]

Diagrama a altura completa que incluya la construcción de los ensamblajes piso-techo por encima y por debajo, pisos elevados de acceso y techos suspendidos.

Todos los derechos reservados

Especificación Mecánica y Equipos [6.1.2.5, 6.1.2.6]

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Componente	Parámetros Requeridos en Planos
Agente Extintor	Requiere tipo de agente [6.1.2.5(7)] y concentración de diseño [6.1.2.5(8)].
Contenedores	Volumen interno, presión de almacenamiento, y capacidad nominal en masa o volumen [6.1.2.5(12)].
Boquillas	Tamaño, configuración de orificios, caudal y área equivalente [6.1.2.5(13)].
Tuberías	Especificaciones de material, grado y clasificación de presión [6.1.2.5(14)].
Excepción Pre-ingenierizados: Sistemas pre-ingenierizados **NO** requieren especificar volumen interno del contenedor ni caudales de boquilla si operan **estrictamente** dentro de sus limitaciones listadas [6.1.2.6.5].	

Todos los derechos reservados

Tuberías, Reductores e Isométricos [6.1.2.5, 6.1.2.6]

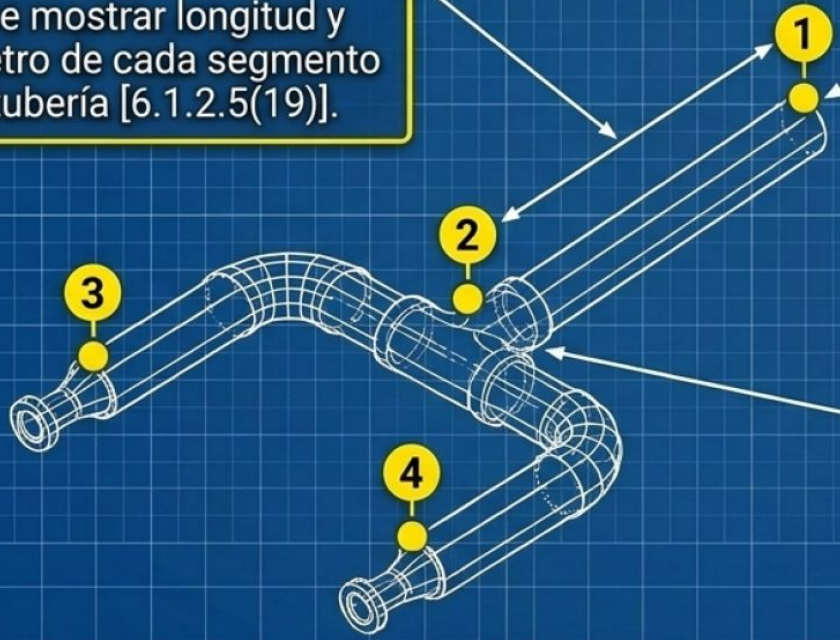
ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Vista Isométrica

Debe mostrar longitud y diámetro de cada segmento de tubería [6.1.2.5(19)].

Nodos de Cálculo

Números de referencia de nodos vinculados directamente a las memorias de cálculo de flujo [6.1.2.5(19)].



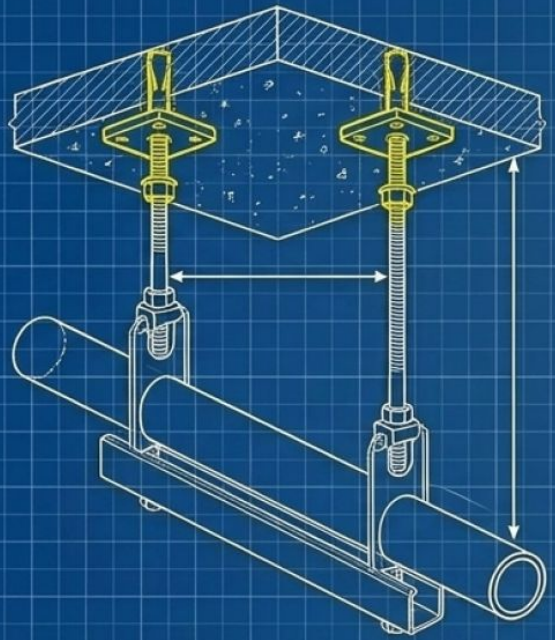
Orientación de Accesorios

Indicación explícita de la orientación de las bifurcaciones (Tees) y reducciones de diámetro [6.1.2.6.1].

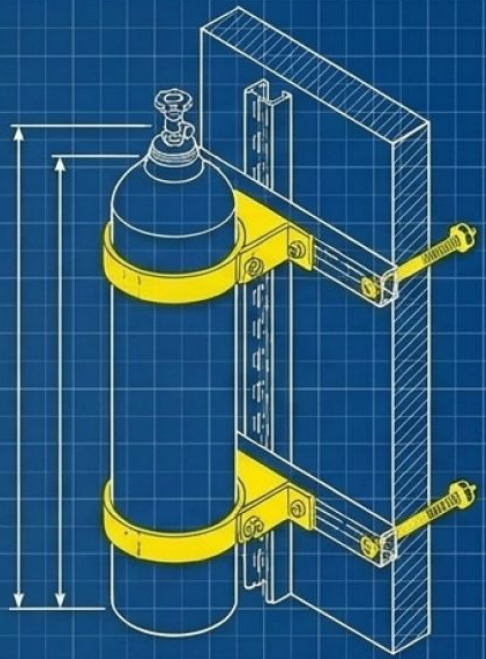
Todos los derechos reservados

Integridad Estructural: Soportes y Fijación [6.1.2.5]

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD



Soportes de Tubería: Planos deben incluir detalles constructivos de CADA configuración única de soporte rígido, mostrando el método de aseguramiento al tubo y a la estructura del edificio [6.1.2.5(21)].



Fijación de Contenedores: Detalles precisos del método de aseguramiento del contenedor (cilindro) y su anclaje a la estructura del edificio [6.1.2.5(22)].

Todos los derechos reservados

Infraestructura Eléctrica y Cableado [6.1.2.5 (15)]

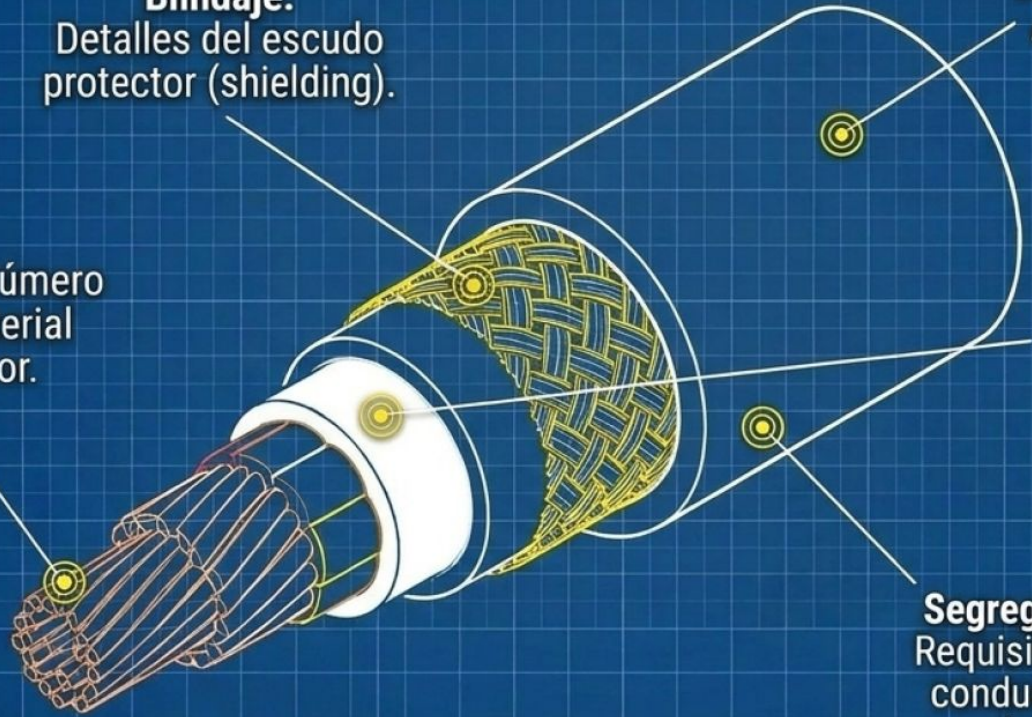
ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Blindaje: Detalles del escudo protector (shielding).

Calibre y Clasificación: AWG (American Wire Gauge).

Conductores: Número de hilos y material del conductor.

Codificación: Código de colores exacto.

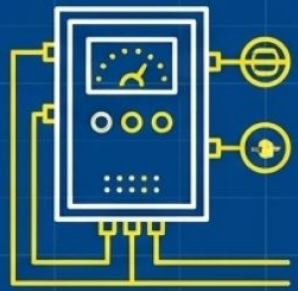


Segregación y Terminación: Requisitos de segregación de conductores y método para las terminaciones.

Todos los derechos reservados

Detección, Control y Sistemas Auxiliares [6.1.2.5, 6.1.2.6]

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS



Esquemas Punto a Punto

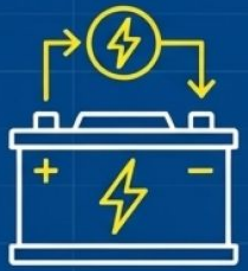
Diagramas esquemáticos mostrando todas las conexiones desde/hacia el panel de control, anunciador gráfico, y relés externos [6.1.2.5(24-25)].

Método de montaje de detectores [6.1.2.5(16)].



Lista de Materiales (BOM)

Listado exacto para cada equipo indicando nombre, fabricante, modelo/N.º de parte, cantidad y descripción. Todo aparato debe estar identificado [6.1.2.5(17), 6.1.2.6.3].

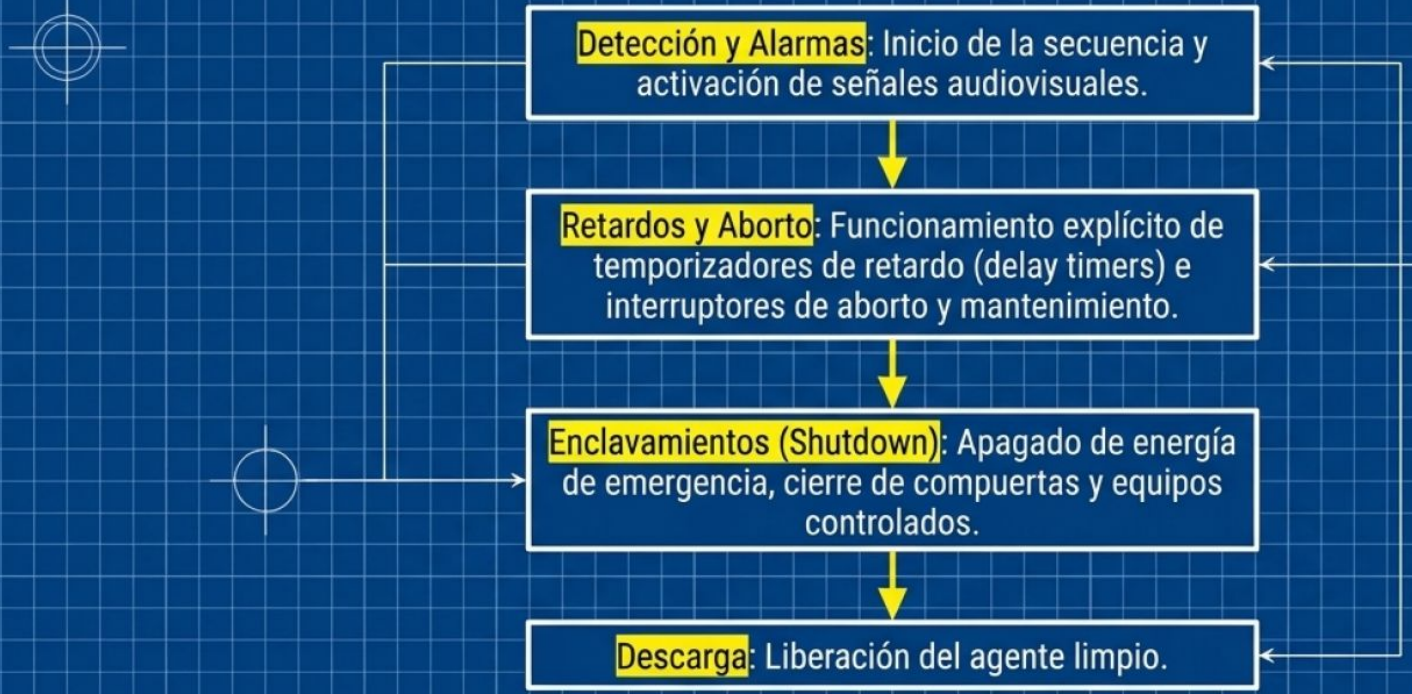


Cálculos Eléctricos

Memoria de cálculo para determinar el tamaño de las baterías de respaldo, y método para número/ubicación de dispositivos de indicación audiovisual [6.1.2.5(26)].

Todos los derechos reservados

Secuencia Operativa y Enclavamientos [6.1.2.5 (23)]



Nota: Los planos deben incluir una descripción paso a paso (narrativa completa) de todas estas operaciones.

Todos los derechos reservados

Modelación y Cálculos de Flujo [6.1.2.8, 6.2.1]

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS



Software Aprobado: Cálculos realizados con un método o software listado / aprobado por la AHJ [6.2.1].

Control de Versión: La versión exacta del programa de cálculo debe identificarse en el reporte impreso [6.1.2.8.2].

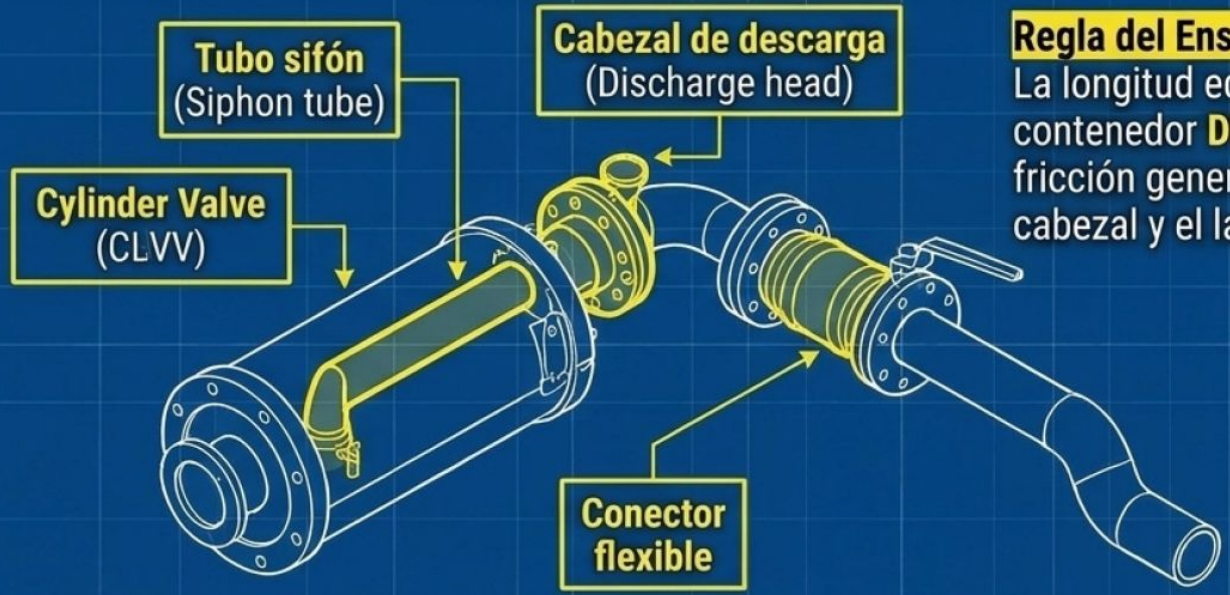
Límites del Sistema: El diseño debe mantenerse dentro de las limitaciones listadas por el fabricante [6.2.1.1].

Sometimiento: Se deben someter a la AHJ junto con los planos de trabajo [6.1.2.8.1].

Todos los derechos reservados

Cálculos Hidráulicos: Longitudes Equivalentes [6.2.2, 6.2.3]

OIS ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD



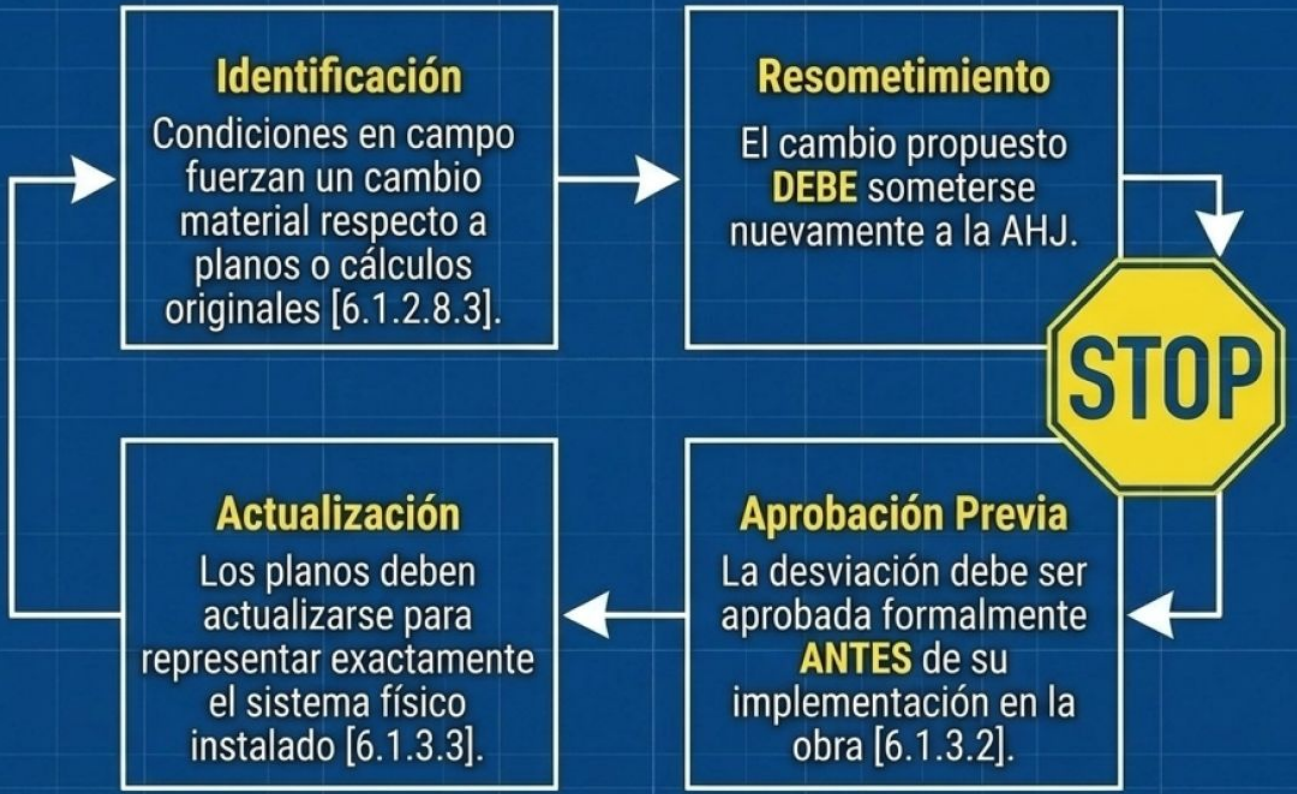
Regla del Ensamble del Cilindro [6.2.2.2]: La longitud equivalente de la válvula del contenedor **DEBE INCLUIR** (si aplica) la fricción generada por el tubo sifón, el cabezal y el latiguillo flexible.

- **Tratamiento de Componentes**: Válvulas y accesorios deben clasificarse por su longitud equivalente según el tamaño de la tubería [6.2.2].
- **Límites Espaciales**: Longitudes y orientación de boquillas/accesorios estrictamente limitadas por fabricante [6.2.3].

Todos los derechos reservados

Gestión de Cambios y Desviaciones en Obra [6.1.2.8.3, 6.1.3]

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS

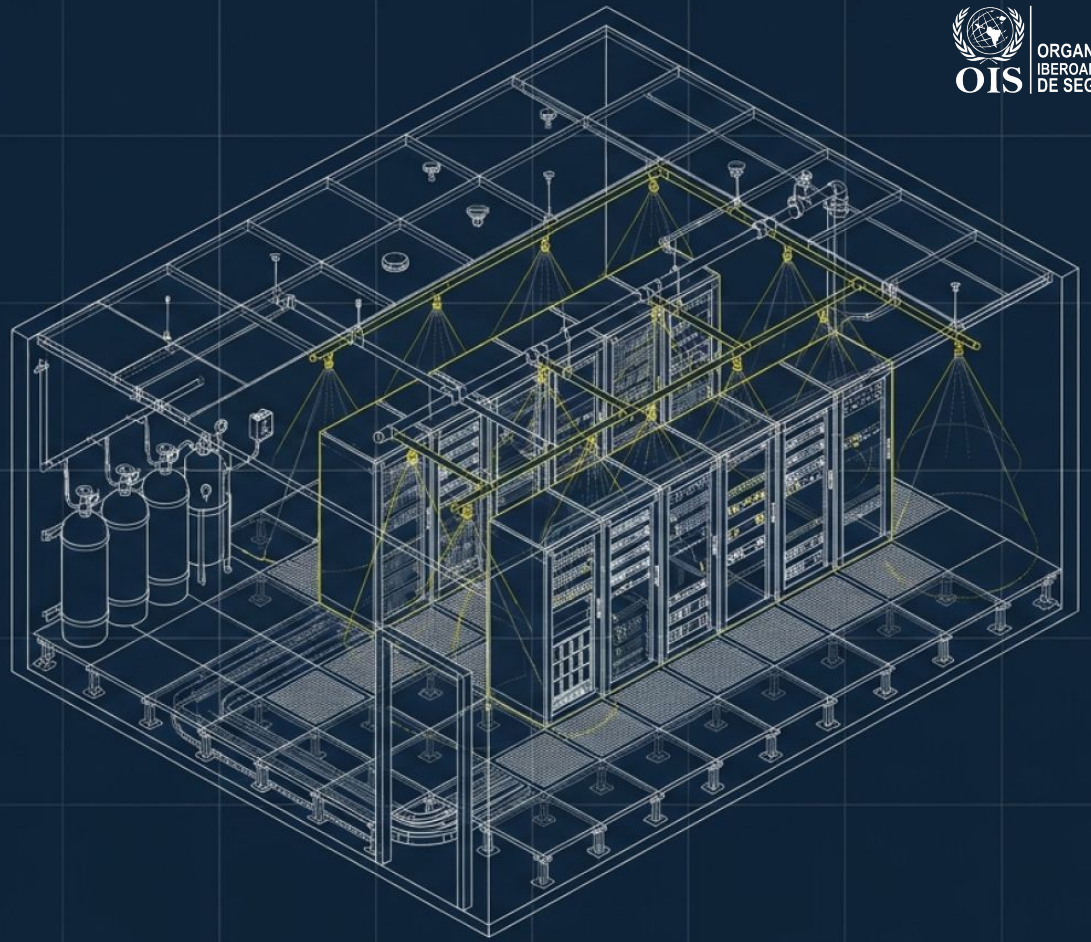


Todos los derechos reservados

NFPA 2001:2025 · CAPÍTULO 7

BLOQUE 05: SISTEMAS DE INUNDACIÓN TOTAL

Integridad del recinto, cálculo de concentraciones, dinámica de descarga y protocolo de evaluación (Door Fan Test).



ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS

Todos los derechos reservados

EL ALGORITMO DE DISEÑO PARA INUNDACIÓN TOTAL

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD



FASE 1: El Límite Físico

Delimitación del recinto, aislamiento HVAC y cálculo de alivio de presión.



FASE 2: La Química y el Peligro

Selección de la concentración exacta de diseño (Clases A, B, C).



FASE 3: Las Matemáticas del Agente

Ecuaciones de cantidad (Halocarbonos vs. Gases Inertes) y corrección atmosférica.



FASE 4: La Dinámica de Descarga

Tiempos de inyección, ubicación de boquillas y periodo de retención (10 min).



FASE 5: La Validación Empírica

Pruebas de integridad del recinto (Door Fan Test).

Todos los derechos reservados

CARACTERÍSTICAS Y LÍMITES DEL RECINTO PROTEGIDO

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

REQUISITOS OBLIGATORIOS DEL ENVOLVENTE

Aberturas Inevitables (7.1.2): Las aberturas que no puedan cerrarse deben reducirse al mínimo absoluto estructural.

Confinamiento Inviable (7.1.4 / 7.1.5): Si el sellado no es practicable, se debe expandir la protección a zonas adyacentes o introducir agente adicional mediante descarga extendida.



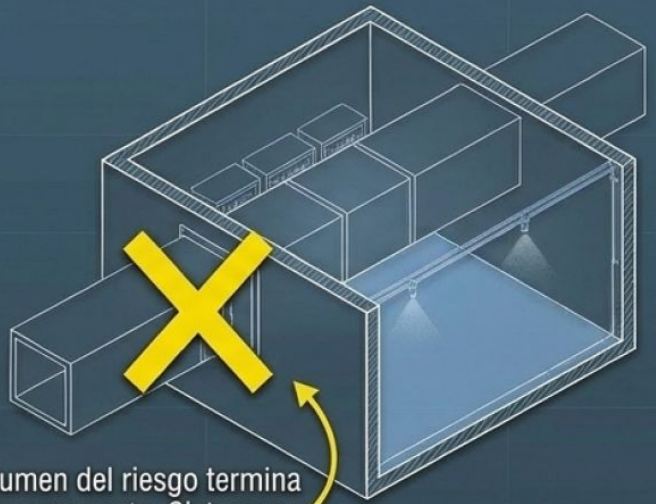
REGLA CRÍTICA 7.1.6.1: Si SOLO se protege el espacio bajo el piso elevado mediante inundación total, DEBE utilizarse un gas inerte. (Los halocarbonos no están permitidos para protección exclusiva de subsuelos).

Todos los derechos reservados

GESTIÓN DE VENTILACIÓN Y AISLAMIENTO DEL RIESGO

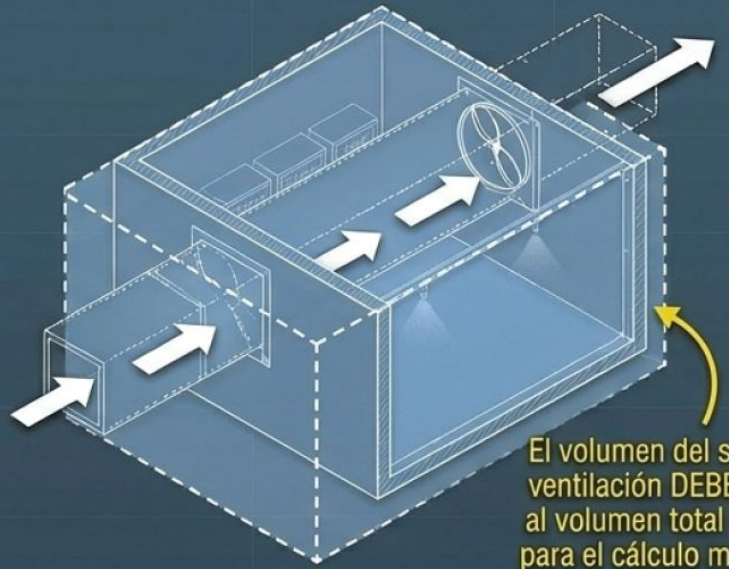
ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS

AISLAMIENTO EXITOSO



El volumen del riesgo termina en la compuerta. Sistemas de aire forzado apagados.

FALLO DE AISLAMIENTO (7.1.7.1)



El volumen del sistema de ventilación DEBE sumarse al volumen total de peligro para el cálculo matemático.

EXCEPCIÓN (7.1.7.2): Si el diseño exige que la ventilación continúe operando ininterrumpidamente, es imperativo prove una descarga extendida de agente para compensar la pérdida y mantener la concentración.

Todos los derechos reservados

EFECTO DE PRESIÓN Y VENTILACIÓN DE ALIVIO

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

REGLA OBLIGATORIA (7.1.8)

El recinto protegido debe poseer la integridad estructural para contener la descarga.

Si el pico de presión amenaza dicha integridad, DEBE proveerse ventilación de alivio.



VARIABLES DE PICO DE PRESIÓN (Anexo E)

1. Concentración del agente
2. Tiempo inicial de inyección
3. Humedad relativa del espacio
4. Dinámica de apertura de válvulas
5. Área total de venteo agregado (Variable crítica)

Todos los derechos reservados

MATRIZ DE SELECCIÓN DE CONCENTRACIÓN DE DISEÑO

OIS ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

TIPO DE PELIGRO	FÓRMULA DE CONCENTRACIÓN DE DISEÑO
CLASE A (Fuego de Superficie)	El valor mayor entre: Concentración de extinción (test de heptano) × Factor de Seguridad de **1.2** (activación automática) o **1.3** (activación manual).
CLASE B (Líquidos Inflamables)	El valor mayor entre: Concentración de extinción (prueba Cup Burner) o el Programa de listado aprobado (UL 2127/2166) × Factor de Seguridad de **1.3**.
CLASE C (Energizado post-descarga, >480V)	Concentración mínima de extinción Clase A × Factor de Seguridad de **1.35** (determinado rigurosamente mediante análisis de riesgo).
INERTIZACIÓN	Concentración de inertización obtenida de pruebas empíricas de laboratorio × Factor de Seguridad de **1.1**.

Todos los derechos reservados

INGENIERÍA DE CANTIDADES: AGENTES HALOCARBONADOS

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD



W: Cantidad de agente limpio instalada (Masa en lb o kg).

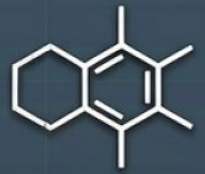
$$W = \frac{V}{s} \times \left[\frac{C}{100 - C}\right]$$



V: Volumen neto del riesgo. (Volumen bruto menos las estructuras fijas e impermeables al vapor).



s: Volumen específico del agente en fase vapor.



C: Concentración de diseño del agente (% volumen).

Todos los derechos reservados

INGENIERÍA DE CANTIDADES: GASES INERTES

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

X: Volumen de gas inerte añadido (a condiciones estándar).

C: Concentración de diseño del gas inerte (% vol).

$$X = 2.303 \times \frac{vs}{s} \times \log_{10}\left[\frac{100}{100 - C}\right]$$

Función Logarítmica: A diferencia de los halocarbonos, se requiere base logarítmica porque la mezcla de gas inerte y aire se purga continuamente a través de las rejillas de venteo durante la descarga (fenómeno de expansión).

AGENTES HALOCARBONADOS	GASES INERTES
• Relación matemática Lineal. • Ecuación resuelve Masa Directa (W).	• Relación matemática Logarítmica. • Ecuación resuelve Volumen Añadido (X).

Todos los derechos reservados

CORRECCIONES ATMOSFÉRICAS Y FACTORES DE DISEÑO

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

CORRECCIÓN POR ALTITUD (7.3.3.3)



Regla Obligatoria: Es necesario ajustar la cantidad de diseño para compensar las presiones ambientales si estas varían más del 11% respecto al nivel del mar estándar (760 mm Hg).

Aplica a partir de una elevación aproximada de 915 metros (3,000 pies).

FACTOR DE DISEÑO POR DERIVACIONES (Tees)

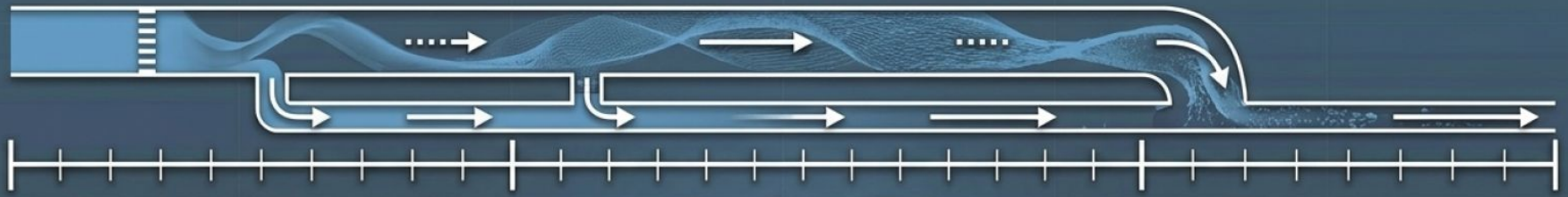
Para un suministro único que protege múltiples riesgos, se debe aplicar un factor de corrección por fricción y separación de fases basado en la cantidad de derivaciones (Tees) en el colector.

CANTIDAD DE TEES	FACTOR HALOCARBONO	FACTOR INERTE
0 a 4	0.00	0.00
5	0.01	0.00
8	0.04	0.00
19	0.12	0.06

Todos los derechos reservados

DINÁMICA DE DESCARGA Y DISTRIBUCIÓN

OIS ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD



Fase Inicial (Transitoria)
El agente llena la red de tuberías. Variación drástica de presiones.

Fase Pleno Flujo
Estado dinámico. La mezcla de líquido/vapor fluye a tasas calculadas.

Fin de Descarga
Purga de tubería con gas residual.

Criterios Hidráulicos

El diseño de la red de tuberías se basa estrictamente en cálculos de flujo. La cantidad y duración de descarga dependen de la presión del cilindro, el diámetro de la tubería, la elevación y las restricciones del orificio de la boquilla.

Software de Cálculo Aprobado

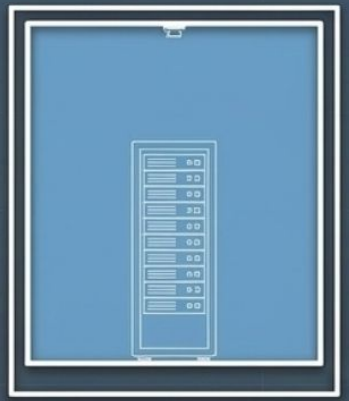
Limitación Empírica: Debido a la complejidad de la termodinámica de dos fases y las purgas, los cálculos de flujo manuales no son prácticos. Los tiempos de descarga exactos están limitados por las pruebas empíricas integradas en el software de cálculo listado y aprobado que emplea el diseñador.

Todos los derechos reservados

RETENCIÓN DEL AGENTE Y DESCARGA EXTENDIDA

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS

T = 0 MINUTOS



Inundación total

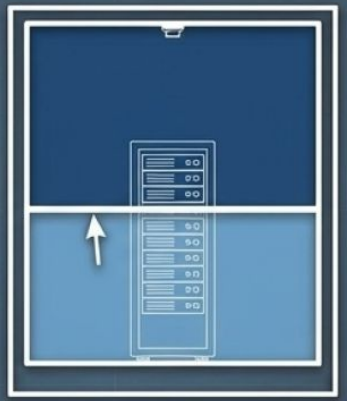
alcanzada al 100% de la concentración de diseño.

T = 5 MINUTOS



Formación de interfase por fugas. El aire reemplaza al agente desde el techo.

T = 10 MINUTOS



El nivel de agente se estabiliza sobre el contenido protegido más alto.

EL PERIODO CRÍTICO DE RETENCIÓN (7.4.1)

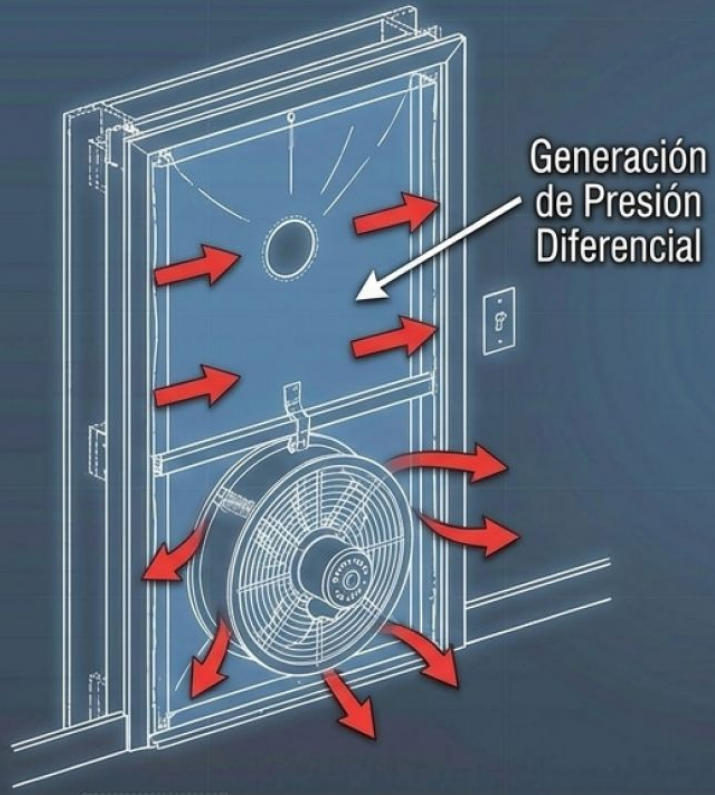
Es obligatorio retener un mínimo del 85% de la concentración de diseño a la altura máxima del contenido protegido durante al menos 10 minutos (o el tiempo estipulado para respuesta a emergencias).

Descarga Extendida: Si el volumen no puede retener el agente debido a fugas incontrolables, debe calcularse e instalarse una red paralela de descarga extendida para estabilizar la mezcla.

Todos los derechos reservados

PROTOCOLO ‘DOOR FAN TEST’: CONFIGURACIÓN Y MEDICIÓN

OIS ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD



1. Configuración de Descarga (D.2.4)

Apagar sistemas HVAC, cerrar compuertas (dampers), aislar puertas y sellar aperturas operativas, emulando la condición anatómica exacta que tendrá el cuarto durante un incendio real.

2. Medición de Presión Base - Bias Pressure (D.2.6)

Antes de encender el ventilador, medir la presión estática natural de la sala frente al exterior (Pb). Esto diagnostica los flujos parásitos basales de la arquitectura.

⚠ 3. Límite de Aceptación y Corrección

Si el valor absoluto de Pb es mayor al 25% de la presión de columna calculada, el flujo basal es demasiado alto. El Bias Pressure DEBE reducirse mediante el sellado permanente de ductos, bloques porosos o la colocación de trampas en drenajes (D.2.9.2).

Todos los derechos reservados

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

NFPA 2001:2025

Bloque 06: Aplicación Local, Detección y Descarga

Capítulos 8 y 9

Todos los derechos reservados

Arquitectura del Sistema: Del Peligro a la Descarga

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS



Todos los derechos reservados

Delimitación del Peligro y Áreas Asociadas (8.2)

OIS ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Foco Principal:
Riesgo base aislado (8.2.1).



Propagación Vertical:
Campanas y ductos (8.2.1.3).

Zonas Asociadas:
Derrames, goteos, salpicaduras (8.2.1.2).

Todos los derechos reservados

Parámetros Críticos del Agente y Tiempos de Descarga

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS

Cantidad de Diseño (8.3)

≥ 1.5x

Factor multiplicador sobre la cantidad mínima para extinción, aplicable a cualquier tasa de descarga.

Límites de Tiempo (8.4.1)

10s / 30s

Tiempo máximo permitido para extinguir.
≤ 10s (Halocarbonados) /
≤ 30s (Gas Inerte).

Borde Libre en Líquidos (8.4.1.3)

≥ 6 in. (152 mm)

Requisito de borde libre mínimo para fuegos de líquidos profundos (> 1/4 in. de profundidad).

Todos los derechos reservados

Física de la Boquilla y Prevención de Reignición (8.4 y 8.5)

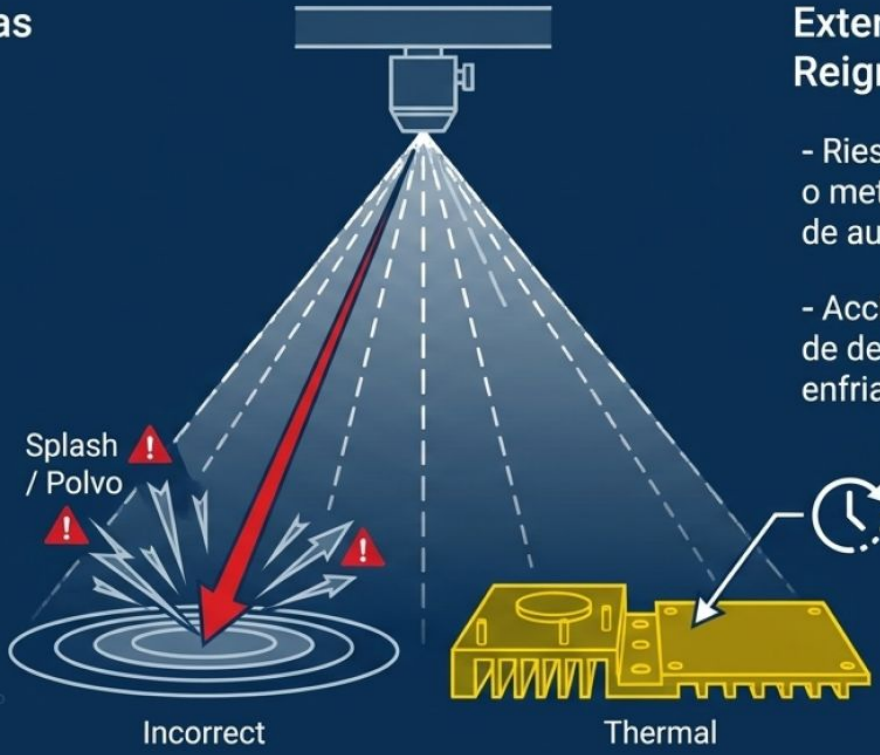
ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Ubicación y Salpicaduras (8.5.2 / 7.6.3)

- Posicionar para evitar salpicaduras directas en líquidos inflamables.

- Prevenir nubes de polvo combustible (riesgo de explosión).

- Orientación obligatoria según el listado del equipo (10.4.7).



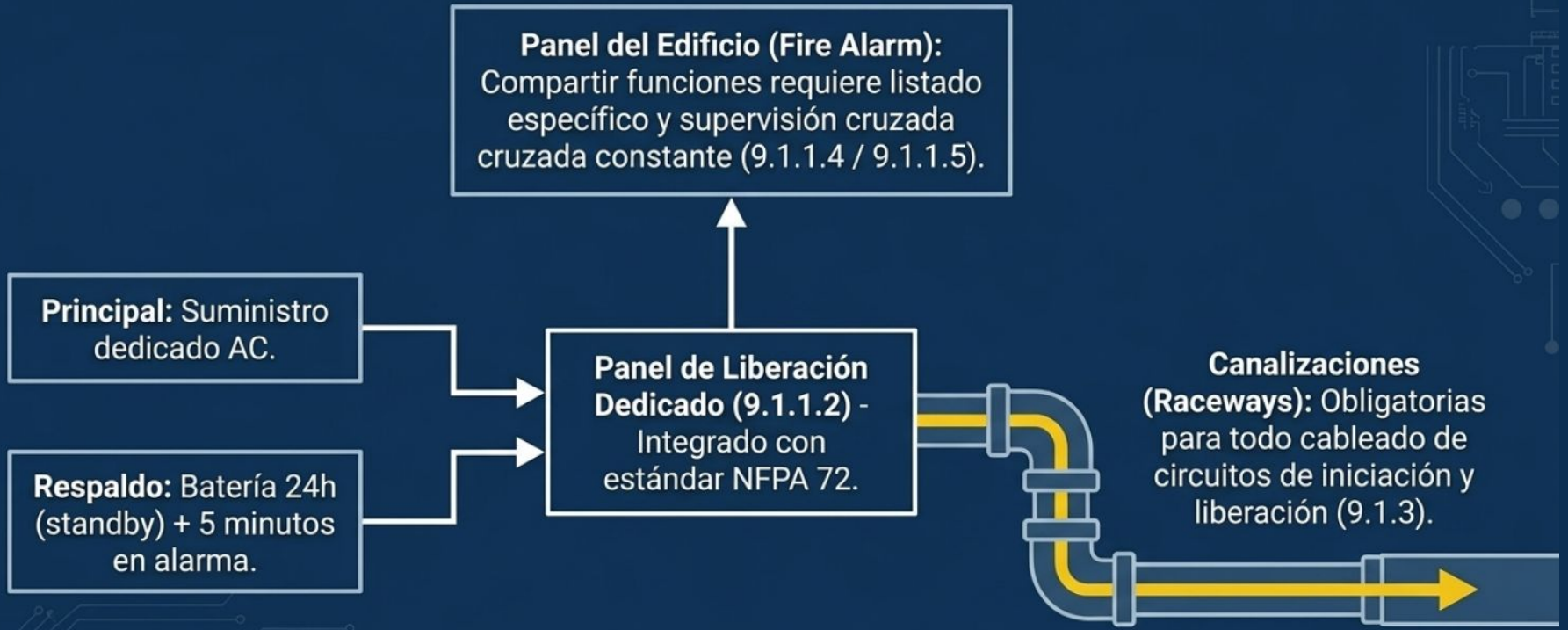
Extensión Temporal por Reignición (8.4.3.2)

- Riesgo: Superficies calentadas o metales por encima del punto de autoignición.

- Acción: Incrementar el tiempo de descarga para proveer enfriamiento y evitar reignición.

Todos los derechos reservados

Arquitectura del Control y Energía (9.1)



Todos los derechos reservados

Detección Automática e Interacciones Críticas

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

INPUT: Detección (9.2)



Requisito de método automático listado.

Condición de Integración: Instalar un nuevo sistema en un espacio con detección existente obliga a un análisis previo de compatibilidad y respuesta funcional (9.2.2).

OUTPUT: Interacciones de Planta (9.4.1)

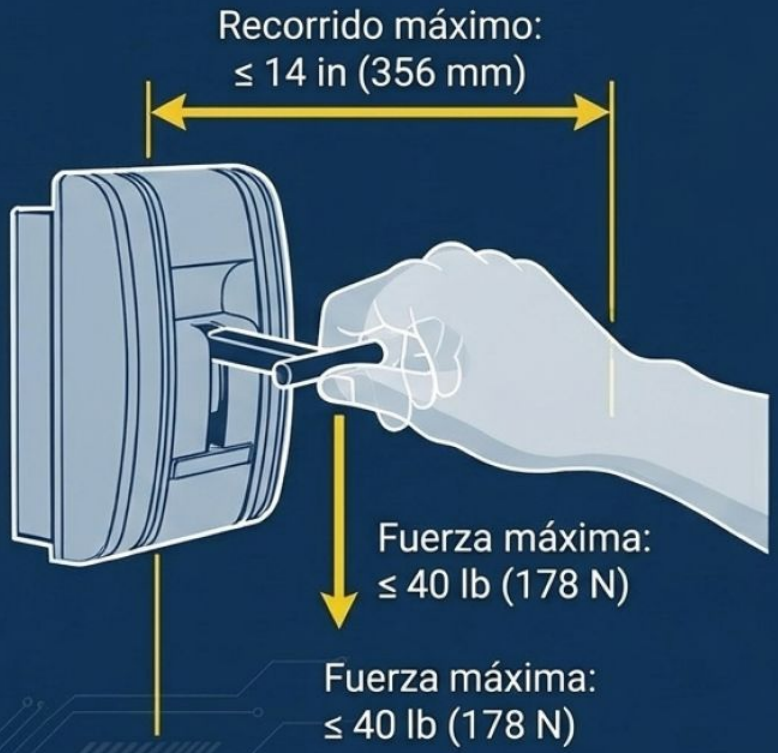


Shutdown de Equipos: Detención automática de maquinaria asociada al riesgo.

HVAC y Extractores: Apagado automático y cierre de compuertas para prevenir dispersión del agente (condición fundamental).

Todos los derechos reservados

Actuación Manual y Límites Mecánicos (9.3)



Reglas Operativas

- **Simultaneidad:** La liberación manual operará válvulas y controles simultáneamente (9.3.1).
- **Accesibilidad:** Reconocible e ininterrumpida en todo momento (9.3.5).
- **Excepción:** Omitible en áreas inocupables o remotas sin presencia habitual (9.3.4).

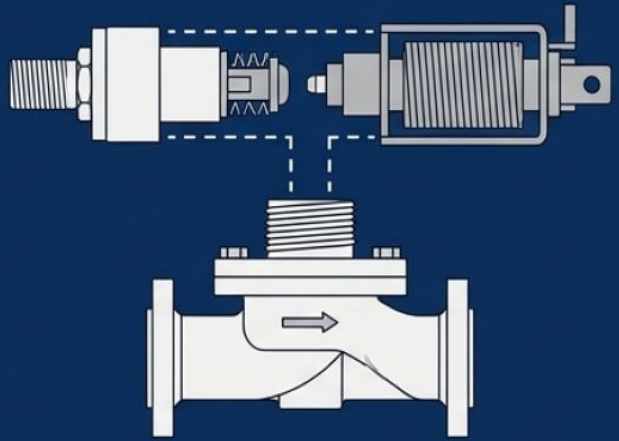
Todos los derechos reservados

Supervisión Crítica: Actuadores Eléctricos (9.4.10)

(Actualización Crítica Edición 2025)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Causa



La remoción física del actuador eléctrico (solenoide o squib) de su válvula de descarga (9.4.10.1).

Efecto

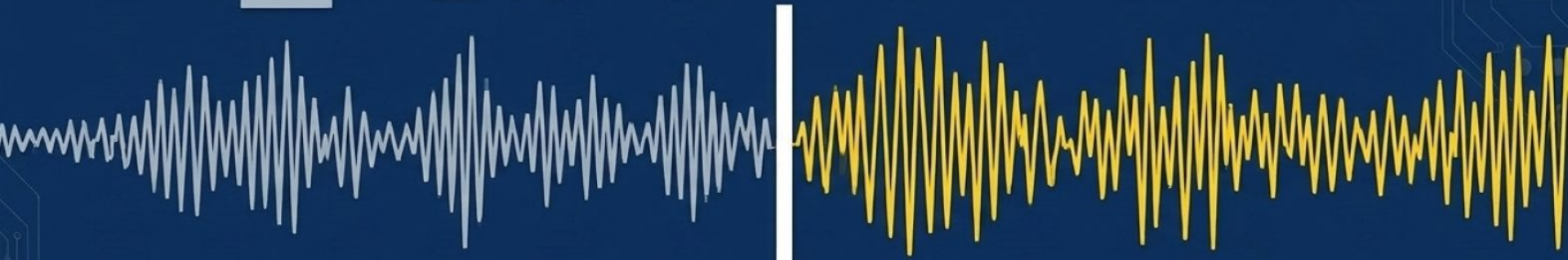


Dispara instantáneamente señal visual y sonora de 'problema/supervisión' en el panel de control.

Todos los derechos reservados

Secuencia de Alarmas y Notificación de Descarga (9.5)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD



Fase Pre-Descarga (9.5.4): Notificación audible y visual en zonas ocupables. Propósito: Proveer advertencia positiva inminente para la evacuación.

T-0: DESCARGA DEL AGENTE

Fase Post-Descarga (9.5.5): Continuidad Ininterrumpida. Las alarmas Las alarmas no se silencian automáticamente con la descarga. Requiere acción positiva humana (Acknowledge) sobre el panel.

Todos los derechos reservados

Lógica Normativa de los Retardos de Tiempo (Time Delays) (9.7)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

¿Aplicar Retardo de Tiempo?

- **Sí**, para permitir la evacuación segura del personal.
- **Sí**, para dar tiempo a la preparación física del área (Ej. parada mecánica, ventilación).



Retardo Permitido
(Sujeto a Aprobación y Evaluación de Riesgos)

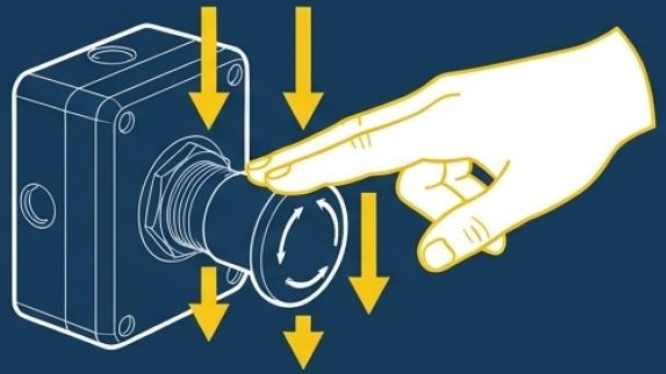
PROHIBIDO (9.7.2): Escenarios de crecimiento ultrarrápido de fuego, almacenamiento de inflamables o inflamables o cabinas de pintura presurizadas.



Todos los derechos reservados

Interruptor de Aborto: Función y Jerarquía (9.6 / 10.6.14)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD



Física del Dispositivo:

- Operación tipo Deadman (presión manual constante requerida) (10.6.14.1).
- Extiende la pausa de retardo temporal en el panel; **NO** cancela definitivamente la descarga (3.3.1).

Estación Manual (Pull Station)

Regla de Oro (10.6.14.7): Las estaciones de extracción manual SIEMPRE anulan e ignoran la condición de los interruptores de aborto.

Interruptor de Aborto

Todos los derechos reservados

Matriz de Aislamiento: Disconnect vs. Lockout (9.8 y 9.9)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Disconnect Switch (9.8) 	Lockout Valve (9.9) 
Qué Interrumpe Bloquea los electrones. Corta la señal de actuación eléctrica al sistema.	**Qué Interrumpe** Bloquea la materia. Corte mecánico físico del flujo del fluido en la tubería.
Aseguramiento Protegido por cerradura, llave extraíble o panel (9.8.2). Prohibido usar anulación por software como sustituto (9.8.4).	**Aseguramiento** Bloqueable físicamente con candado. Obligatoria indicación de supervisión en panel si no está totalmente abierta.

Todos los derechos reservados

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS

Aceptación y Puesta en Servicio

NFPA 2001:2025 · Capítulo 10



Alcance: Revisión física, integridad de recintos, pruebas funcionales y entrega al propietario.

Todos los derechos reservados

Ruta de Validación de Comisionamiento

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Fase 1: Preparación
10.1 - 10.2



Seguridad industrial y auditoría documental.

Fase 2: Validación Estática
10.4 - 10.6



Inspección mecánica, integridad arquitectónica y ruteo eléctrico.

Fase 3: Validación Dinámica
10.7



Verificación de circuitos y secuencia operativa simulada.

Fase 4: Cierre
10.8 - 10.9

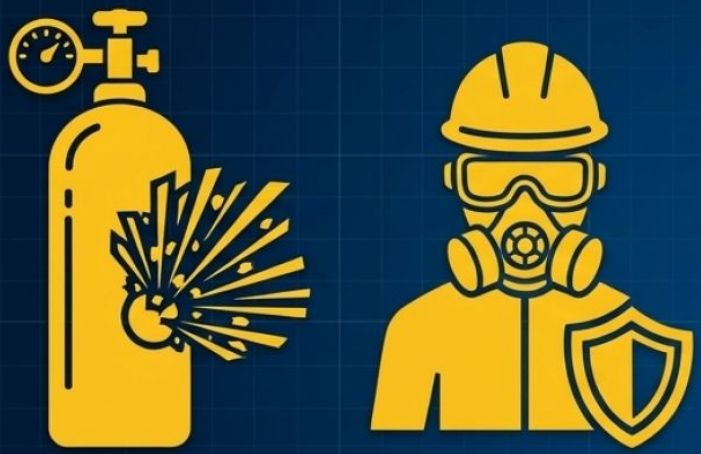


Reportes de conformidad, manuales y capacitación del usuario final.

Todos los derechos reservados

Condiciones de Seguridad y Calificación (10.1 y 10.2)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD



Riesgo Específico: Manejo de cilindros presurizados. Mitigación de riesgos de lesiones físicas o activaciones en falso durante la etapa de aceptación.

Personal Calificado (10.2.1)

- La revisión y las pruebas deben ser ejecutadas exclusivamente por personal con conocimiento y experiencia en los requisitos de NFPA 2001 y del manual del fabricante.

Prevención de Riesgos (10.1)

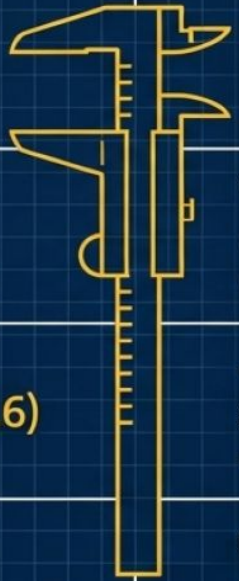
- Obligatoriedad de observar procedimientos seguros durante la instalación, servicio, prueba y recarga.

Todos los derechos reservados

Auditoría contra Planos Aprobados (10.2.3)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS

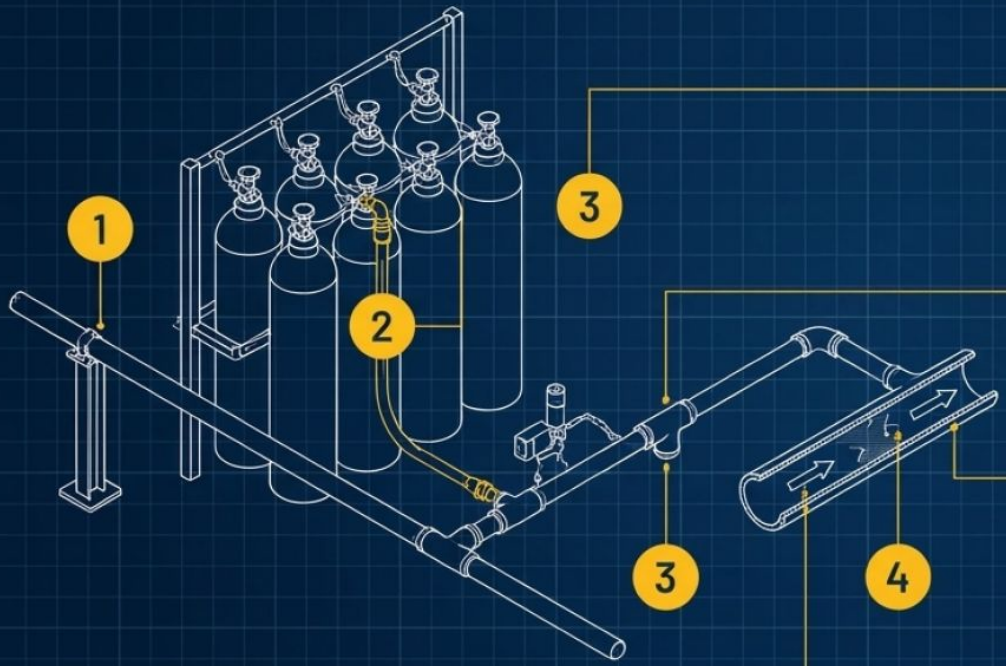
Plano Aprobado	Condición Real (As-Built)
Dimensiones del Riesgo (10.2.3.3)	Contraste del volumen geométrico real del recinto vs. los cálculos del diseño (para garantizar la concentración).
Equipos Instalados (10.2.3.2)	Verificación de que los componentes coinciden con los manuales del fabricante y los documentos de ingeniería.
Validación de Agente (10.2.3.5 / 10.2.3.6)	- Halocarbonos: Verificación de peso antes/después de pruebas. - Gases Inertes: Registro estricto de presiones.
Sistemas Auxiliares (10.2.3.7)	Confirmación de los tiempos reales de inercia de ventiladores (coast-down) y cierre de compuertas.



Todos los derechos reservados

Revisión Mecánica: Distribución y Fijación (10.4.1 - 10.4.6)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS



[1] Soportes de Tubería (10.4.4):
Fijación rígida obligatoria. Debe prevenir cualquier movimiento lateral o vertical producto del empuje dinámico durante la descarga.

[2] Acoples (10.4.5):
Aseguramiento crítico. La tubería no debe poder desprenderse bajo alta presión.

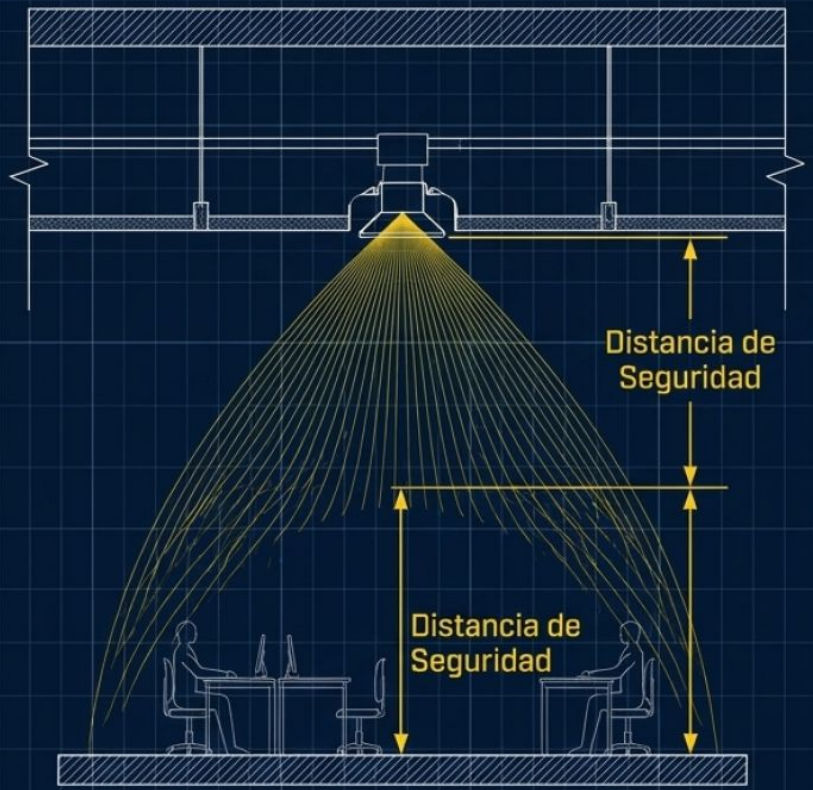
[3] Reducciones y Tes (10.4.3):
La orientación de las bifurcaciones y cambios de diámetro debe coincidir milimétricamente con el modelo isométrico aprobado.

[4] Limpieza Interna (10.4.6):
Inspección para descartar aceites, virutas o partículas que alteren el área efectiva de orificio.

Todos los derechos reservados

Revisión de Boquillas y Condiciones de Descarga (10.4.7 - 10.4.11)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS



1 **Orientación (10.4.7)**
Instalación acorde a la certificación (ej. 180° vs 360°) y deflectores instalados según listado (10.4.8).

2 **Integridad Física (10.4.9)**
Soportes diseñados para evitar daños a terceros o fallas propias.

3 **Prevención de Impacto (Impingement) (10.4.10 / 10.4.11)**
- El flujo directo del agente **NO** debe golpear áreas de trabajo normal de personal.
- El flujo **NO** debe impactar objetos sueltos (repisas, techos, gabinetes) que puedan convertirse en proyectiles.

Todos los derechos reservados

Pruebas Neumáticas del Circuito Mecánico (10.4.14 - 10.4.15)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Paso 1



Prueba de Presión en Circuito Cerrado (10.4.14)

Medio: Nitrógeno o gas seco.
Parámetros: Presurizar a un mínimo de 40 psi (276 kPa).
Criterio de Aceptación: Tras retirar la fuente, la presión no debe caer por debajo del 80% de la presión de prueba tras 10 minutos (caída máx. 20%).

Paso 2



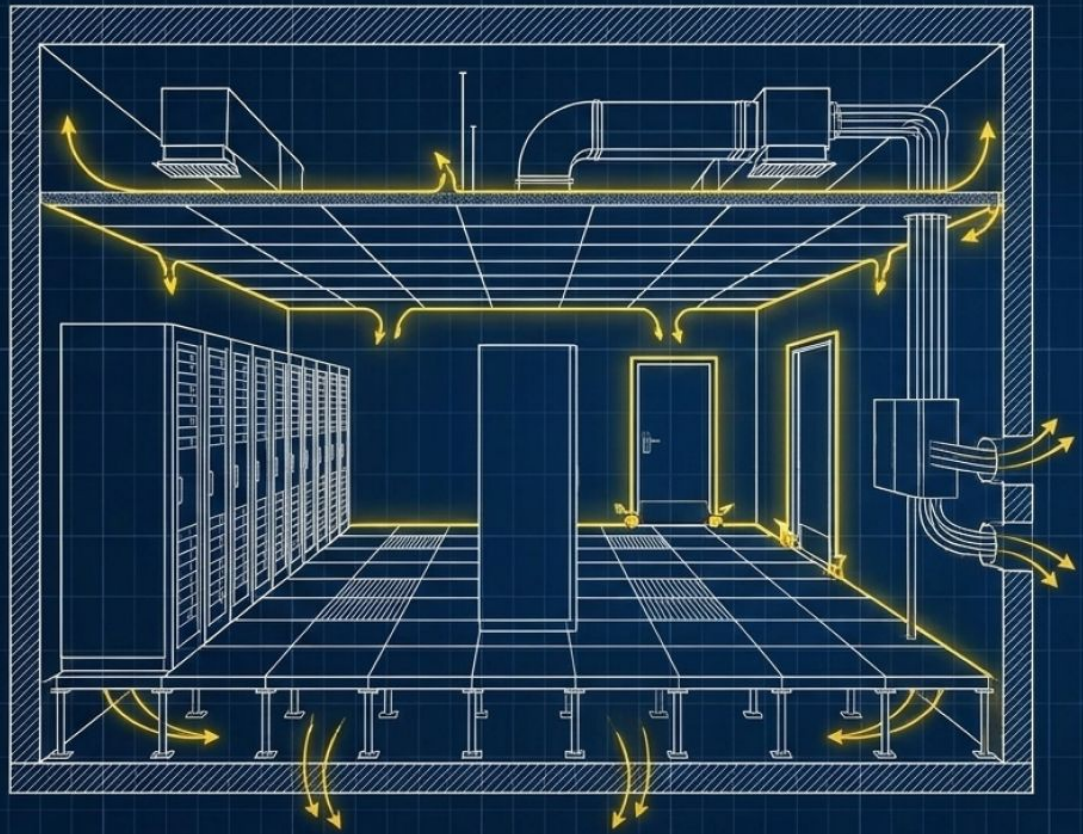
Prueba de Flujo Continuo - 'Puff Test' (10.4.15)

Objetivo: Verificar que la red no tiene obstrucciones ocultas ni válvulas de retención invertidas.
Método: Inyectar gas inerte o nitrógeno y constatar flujo continuo en cada boquilla de descarga.

Todos los derechos reservados

Integridad del Recinto: Concepto y Sellado (10.5.1 - 10.5.2)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS



Criterios de Verificación Estática

Conformidad (10.5.1)
El cuarto debe coincidir constructivamente con la arquitectura especificada en el diseño original.

Sellado Efectivo (10.5.2)
Examen visual exhaustivo. Es mandatorio localizar y sellar efectivamente todas las fugas de aire significativas antes de proceder a mediciones.

Objetivo Crítico
Garantizar que el recinto pueda retener la concentración especificada del agente durante el tiempo de retención mínimo (holding period).

Todos los derechos reservados

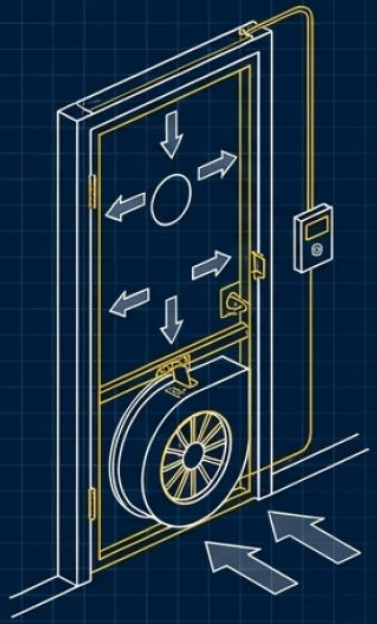
Prueba Cuantitativa de Retención (10.5.3 / Anexo D)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Ejecución: Uso de un ventilador de puerta (Blower Door) o método equivalente autorizado.

Proceso (Anexo D): Presurización y despresurización para calcular el área total de fuga equivalente (ELA) y predecir el tiempo de retención en el peor escenario.

Criterio de Éxito: Obtener resultados cuantitativos que demuestren el cumplimiento de los tiempos de retención estipulados en los parámetros de inundación total (Sección 7.4).

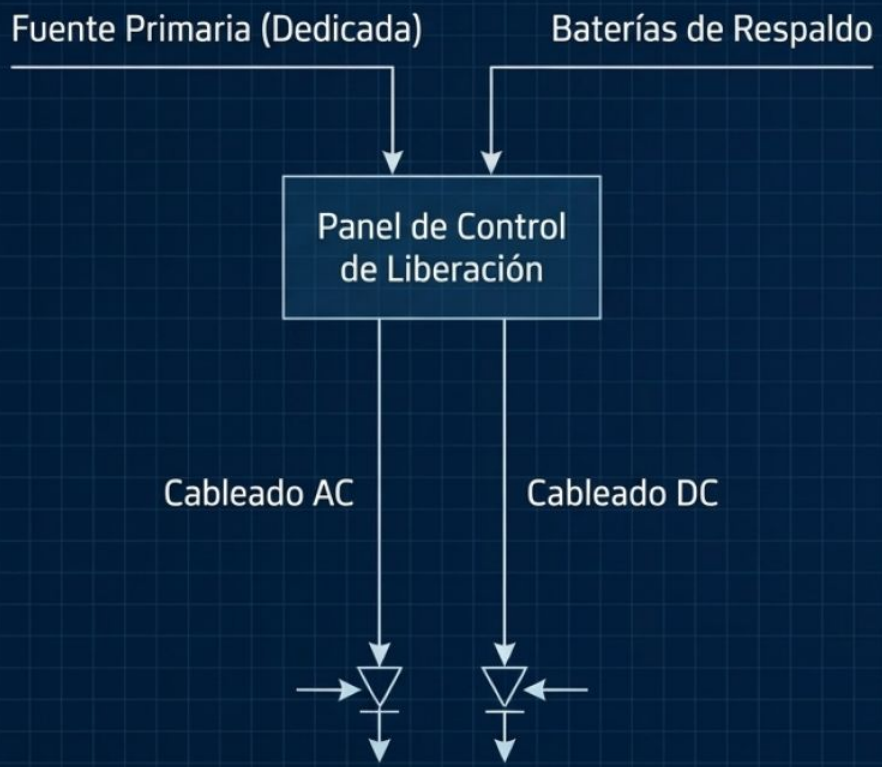




Todos los derechos reservados

Revisión Eléctrica: Infraestructura y Potencia (10.6)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS



Canalización (10.6.2):

Separación estricta de cableado AC y DC. Prohibido compartir tubería (conduit) salvo que exista apantallamiento y conexión a tierra certificada.

Fallas Eléctricas (10.6.3):

Ausencia total de fallas a tierra (ground faults) y cortocircuitos en los lazos de campo.

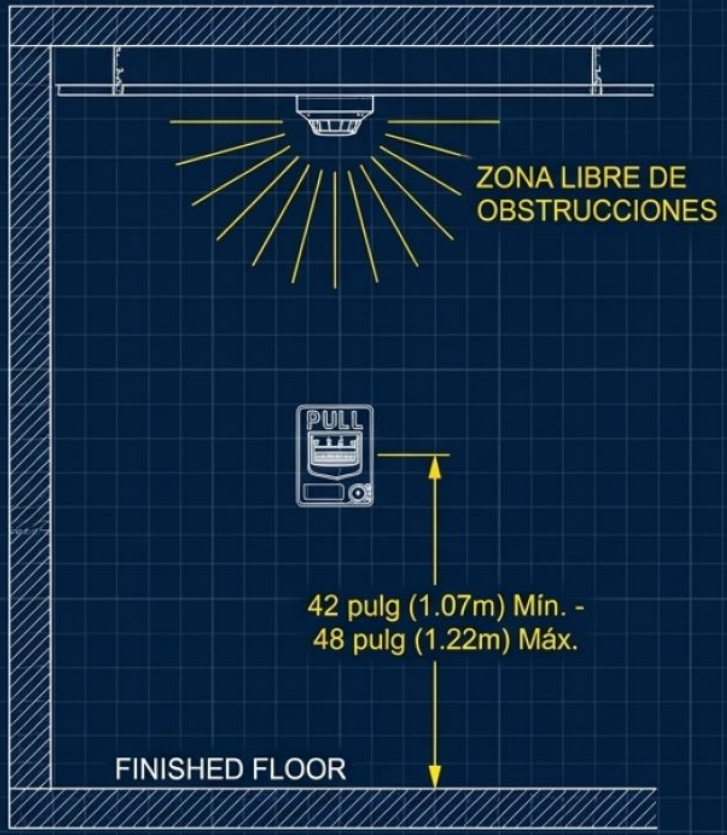
Resiliencia Energética (10.6.4 / 10.6.5):

Alimentación primaria desde una fuente dedicada (no sujeta a corte por parada de planta) más un respaldo de baterías mínimo de 24 horas.

Todos los derechos reservados

Revisión Eléctrica: Dispositivos de Campo (#FFC107) (10.6)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD



Estaciones Manuales (10.6.12): Altura de instalación entre 42" **(#FFC107)** y 48" **(#FFC107)** sobre el piso terminado. Identificación clara del peligro protegido y su función.

Interruptor Principal/Reserva (Main/Reserve) (10.6.13): Si aplica, debe ser fácilmente accesible, instalado correctamente y estar claramente identificado.

Detectores (10.6.9): Ubicados fuera de obstrucciones o flujos de aire (HVAC) que alteren su tiempo de respuesta.

Precaución de Prueba (10.6.3.1): Remover componentes electrónicos sensibles (detectores) y usar puentes (jumpers) al medir resistencia en campo para evitar daños.

Todos los derechos reservados

Pruebas Funcionales: Lógica y Supervisión (#FFC107)(10.7.1(#FFC107))

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS



Respuesta de Detectores (#FFC107)(10.7.1.5(#FFC107))	Prueba operativa individual de cada detector de la red.	☑
Polaridad (#FFC107)(10.7.1.6(#FFC107))	Verificación de polaridad en relés auxiliares y dispositivos de alarma según el fabricante.	☑
Integridad de Circuitos (#FFC107)(10.7.1.7 / 10.7.1.8(#FFC107))	Confirmación de resistencias de fin de línea (EOL) y comprobación de la respuesta de falla (trouble response) de la central ante la apertura de cualquier lazo supervisado.	☑

Todos los derechos reservados

Secuencia Operativa y Simulación de Fallos (10.7.2 - 10.7.4)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS

1. **Activación de Detección:** Genera funciones de alarma en diseño.
2. **Compuertas y HVAC:** Cierre de dampers y parada de equipos de ventilación.
3. **Temporizadores y Abortos:** Verificación de demoras (time delays) y función de retención del interruptor de aborto.
4. **Liberación:** Generación de señal de disparo en actuadores (desconectados mecánicamente para evitar descarga real).

Resiliencia y Monitoreo (10.7.3 / 10.7.4)

- **Monitoreo Remoto**: Confirmación de recepción de señales (Alarma, Falla, Supervisión) en estación remota (panel central del edificio).
- **Corte de Energía:** Simulación de corte primario (AC) para verificar transferencia limpia a baterías sin reiniciar temporizadores.

Todos los derechos reservados

Documentación Entregable (10.8 y Anexo A.10.3)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS



El Expediente Final (Owner's Documentation)

- **Manuales (10.8)**: El instalador debe entregar manuales completos de diseño, instalación, operación y mantenimiento (O&M).
- **Planos As-Built**: Actualizados con todos los cambios reales ejecutados en campo.
- **Reporte de Prueba de Aceptación (10.3)**: Formulario estandarizado firmado por el contratista y el representante del propietario. Este documento debe ser conservado **durante toda la vida útil del sistema** (10.3.2).

Todos los derechos reservados

OIS ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Bloque 08: Inspección, mantenimiento e indisponibilidades.

NFPA 2001:2025 · Capítulos 11 y 12.



Todos los derechos reservados

Matriz de Conceptos Fundamentales

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

 Inspección	 Servicio	 Mantenimiento
Definición: Revisión visual para asegurar que el sistema parece estar en condiciones operativas y sin daños físicos.	**Definición:** Prueba funcional y revisión detallada de componentes (sin incluir prueba de descarga).	**Definición:** Acción correctiva o reparación para restaurar el sistema a plena operación tras hallar una deficiencia.
Ejecutor: Propietario o representante designado.	**Ejecutor:** Personal calificado y capacitado (Ref: 11.1.2).	**Ejecutor:** Técnico de servicio de protección contra incendios (Ref: 11.2.4).
Frecuencia base: Mensual	**Frecuencia base:** Semestral / Anual	

Todos los derechos reservados

Cronograma de Confiabilidad

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD



Mensual

Inspección visual.

Alcance: Paneles, válvulas, recintos y presiones (Ref: 11.2).

Semestral

Inspección y Servicio.

Alcance: Verificación rigurosa de cantidad y presión de agente (Ref: 11.3).

Anual

Servicio e Integridad.

Alcance: Mangueras, integridad estructural del recinto, reporte formal (Ref: 11.4, 11.5).

5 Años

Pruebas hidrostáticas.

Alcance: Ensayos de mangueras, recalificación de cilindros (Ref: 11.6, 11.7).

Todos los derechos reservados

Tablero de Inspección Mensual (Alcance Visual)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Control y Energía

- [x] Panel de liberación energizado (Ref: 11.2.2).
- [x] Libre de condiciones de alarma, falla o supervisión.
- [x] Controles manuales sin obstrucciones.

Cilindros y Mecánica

- [x] Ausencia de daño físico aparente.
- [x] Manómetros de presión operando en **rango normal**.

Integridad del Riesgo

- [x] Equipos protegidos y el riesgo no han sido modificados.
- [x] Deficiencias previas corregidas.

Todos los derechos reservados

Servicio e Inspección Semestral: Criterios de Rechazo

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Agentes Halocarbonados (Ref: 11.3.1)

> 5% Pérdida de cantidad de masa

O

> 10% Pérdida de presión (ajustado por temperatura)

Acción:
Rellenar o reemplazar el cilindro. Si se retira, debe recuperarse/reciclarse obligatoriamente. NO liberar a la atmósfera (Ref: 11.3.3).

Agentes de Gas Inerte (Ref: 11.3.4)

> 5% Pérdida de presión (ajustado por temperatura)

Acción:
Rellenar o reemplazar el cilindro.

Todos los derechos reservados

Inspección Anual: Integridad del Recinto (Ref: 11.4.5 y 11.5.4)

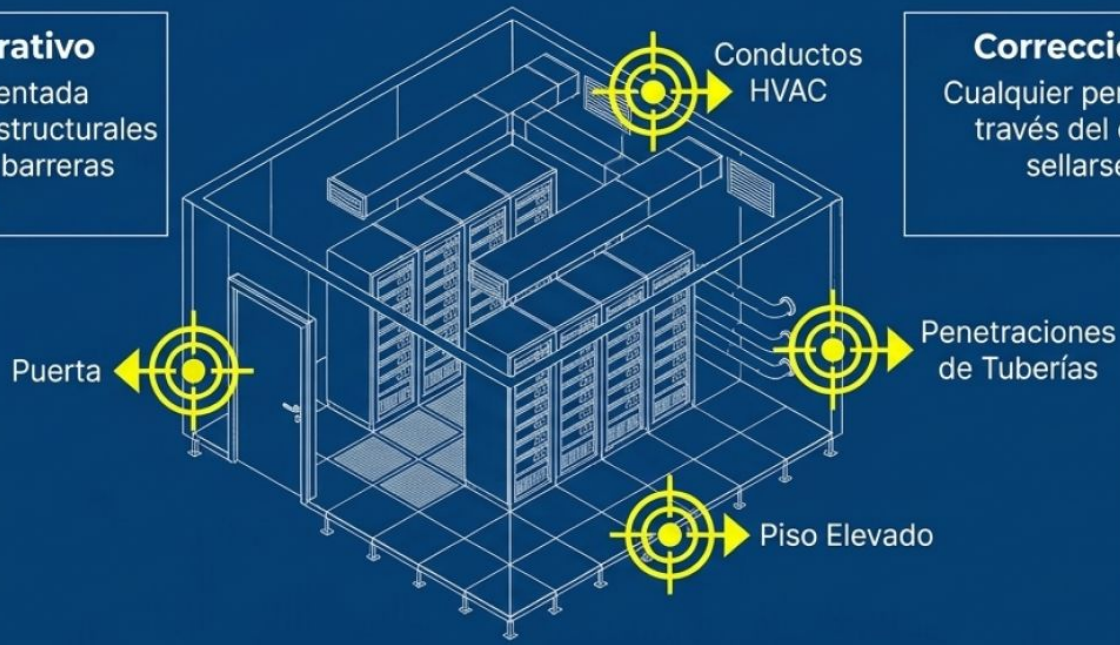
ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Programa Administrativo

Inspección anual documentada para detectar cambios estructurales o de dimensiones en las barreras del riesgo (Ref: 11.4.5.1).

Corrección Obligatoria

Cualquier penetración nueva a través del cerramiento debe sellarse inmediatamente (Ref: 11.5.4.1).



Restauración de Resistencia

El método de sellado utilizado debe restaurar la clasificación de resistencia al fuego original del recinto (Ref: 11.5.4.2).

Todos los derechos reservados

Servicio Anual y Mantenimiento Documental

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

No requiere descarga (Ref: 11.4.1)
Las pruebas de descarga real anuales no son exigidas por la norma para certificar operatividad.

Inspección de Mangueras
(Ref: 11.4.4.1)
Todas las mangueras del sistema se examinan visualmente de forma anual. Reemplazo inmediato si hay daño físico.

Reporte del Servicio (Ref: 11.4.2)
Un reporte formal con recomendaciones debe archivarse obligatoriamente con el propietario tras el servicio anual.

Campos obligatorios
(Ref: 11.3.6)



Todos los derechos reservados

Pruebas Quinquenales (5 Años): Recipientes

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

¿El cilindro ha estado continuamente en servicio sin descargas ni daño aparente?

Sí

Inspección Visual
(Ref: 11.6.2)

Requiere inspección visual externa completa cada 5 años (CGA C-6). No necesita removere ni prueba hidrostática mientras siga bajo presión normal.

No (Descargado / Dañado)

Prueba Hidrostática
(Ref: 11.6.1.1)

Requiere pruebas de resistencia/hidrostáticas completas según regulador (DOT/CTC) antes de su recarga y retorno al servicio.

Documentación: Los resultados deben figurar en una etiqueta metálica permanente sobre el recipiente y en un reporte al propietario (Ref: 11.6.2.2).

Todos los derechos reservados

Trazabilidad, Registros y Capacitación

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Trazabilidad y Flujo de Registros



Reportes mensuales: Conservar hasta la próxima revisión semestral (Ref: 11.2.5.3).

Reportes mayores y prueba de cilindros: El propietario debe conservarlos durante toda la vida útil del sistema (Ref: 10.8.2, 11.6.2.4).



ARCHIVO PERMANENTE

Perfil del Personal y Cualificación



Competencia técnica: Toda persona que dé servicio, pruebe o mantenga estos sistemas DEBE estar capacitada formalmente (Ref: 11.1.2).

Seguridad humana: El personal de la planta debe recibir entrenamiento sobre evacuación y exposición (Ref: 11.8).

Responsabilidad Legal: Recae siempre en el propietario, salvo transferencia escrita a firma de gestión (Ref: 11.1)

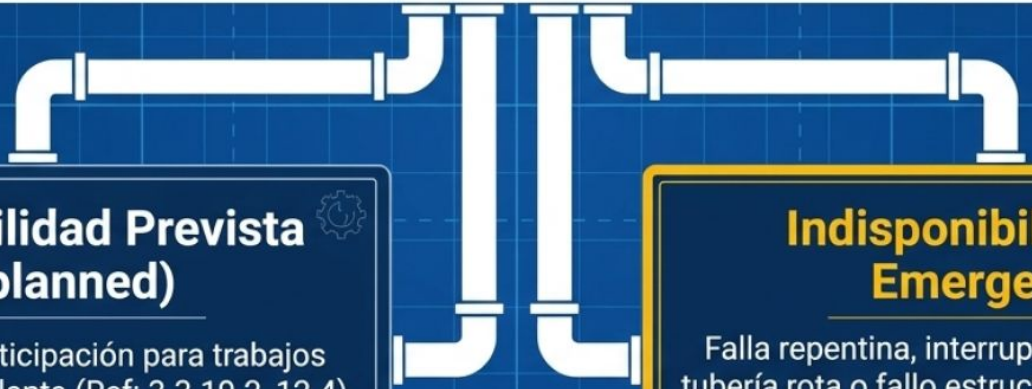
Todos los derechos reservados

Punto de Inflexión: Gestión de Indisponibilidades (Impairments)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS

Estado de Excepción (Indisponibilidad)

Condición donde el sistema, o una porción, está fuera de servicio (Ref: 3.3.19).
Objetivo central: Minimizar riesgos y limitar duración (Ref: 12.1.2).



Indisponibilidad Prevista (Preplanned)

Planificada con anticipación para trabajos programados en la planta (Ref: 3.3.19.2, 12.4).
Requiere autorización formal previa del coordinador.

Indisponibilidad de Emergencia

Falla repentina, interrupción de suministro, tubería rota o fallo estructural del cerramiento (Ref: 3.3.19.1, 12.5.1).
Requiere activación inmediata de protocolos de mitigación y medidas provisionales.

Todos los derechos reservados

El Coordinador y el Sistema de Etiquetas

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

El Coordinador de Indisponibilidad (Ref: 12.2)



Profile Credential Card

- ☐ Designado obligatoriamente por el propietario del inmueble.
- ☐ Supervisa integralmente todo el programa de fuera de servicio.
- ☐ Asume la autoridad final para autorizar apagados programados.

Anatomía de la Etiqueta de Fuera de Servicio (Ref: 12.3)



(1) En el componente físico averiado.

(2) En la unidad de control de liberación (Panel).

(3) En el panel principal de alarmas de incendio del edificio.

Propósito: Indicar visualmente qué sistema o porción ha sido removido de su capacidad de protección.

Todos los derechos reservados

Emergencias y Protecciones Provisionales (Ref: 12.4.2 y 12.5)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Red Alert



UMBRAL CRÍTICO: > 10 HORAS

REGLA CRÍTICA: Si la protección primaria está fuera de servicio por **> 10 HORAS** en un período de 24 horas continuas, el coordinador **DEBE** implementar arreglos provisorios obligatorios.

Las 3 Opciones Provisionales Obligatorias

Opción 1: Evacuación

Evacuación completa del edificio o la porción protegida afectada.

Opción 2: Fire Watch

Implementación de una patrulla de vigilancia contra incendios físicamente aprobada en la zona.

Opción 3: Límite de Combustible

Programa drástico para eliminar fuentes de ignición y limitar la carga de combustible disponible en el riesgo.

Todos los derechos reservados

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Restauración Documentada del Sistema (Ref: 12.6)



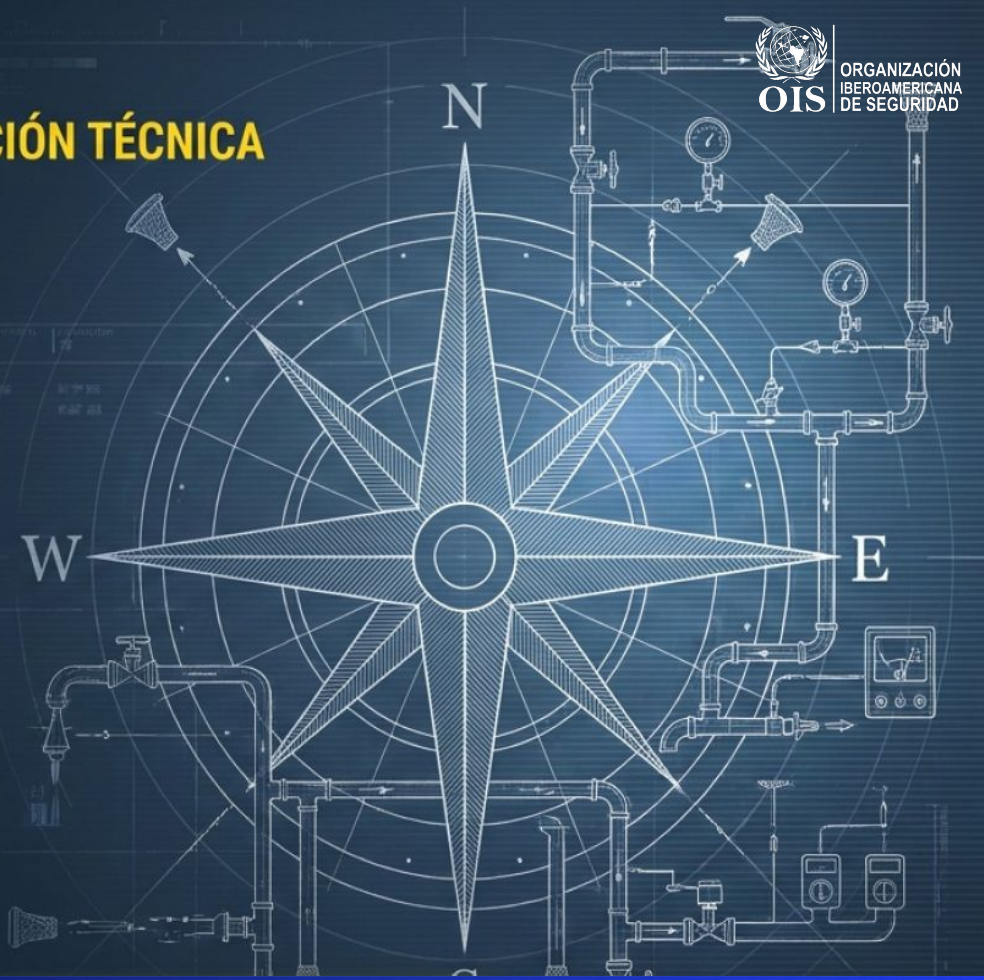
Todos los derechos reservados

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

SISTEMAS MARINOS, ANEXOS E INTEGRACIÓN TÉCNICA

NFPA 2001:2025 ·

Parte 9 de 9: Capítulo 13 y Anexos A–G



Todos los derechos reservados

Sistemas Marinos: Alcance y Limitaciones Normativas (Cap. 13)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS

Prohibiciones y Riesgos Térmicos (13.2)



Prohibición estricta (13.2.2): El uso de agentes limpios NO está permitido en bodegas de carga seca (dry cargo holds) ni carga a granel (bulk cargo).

Riesgos térmicos (13.2.3): Obligación de evaluar productos de descomposición en áreas con altas temperaturas ambiente (ej. salas de incineradores, maquinaria caliente).

Riesgos al Personal y Operación (13.3)



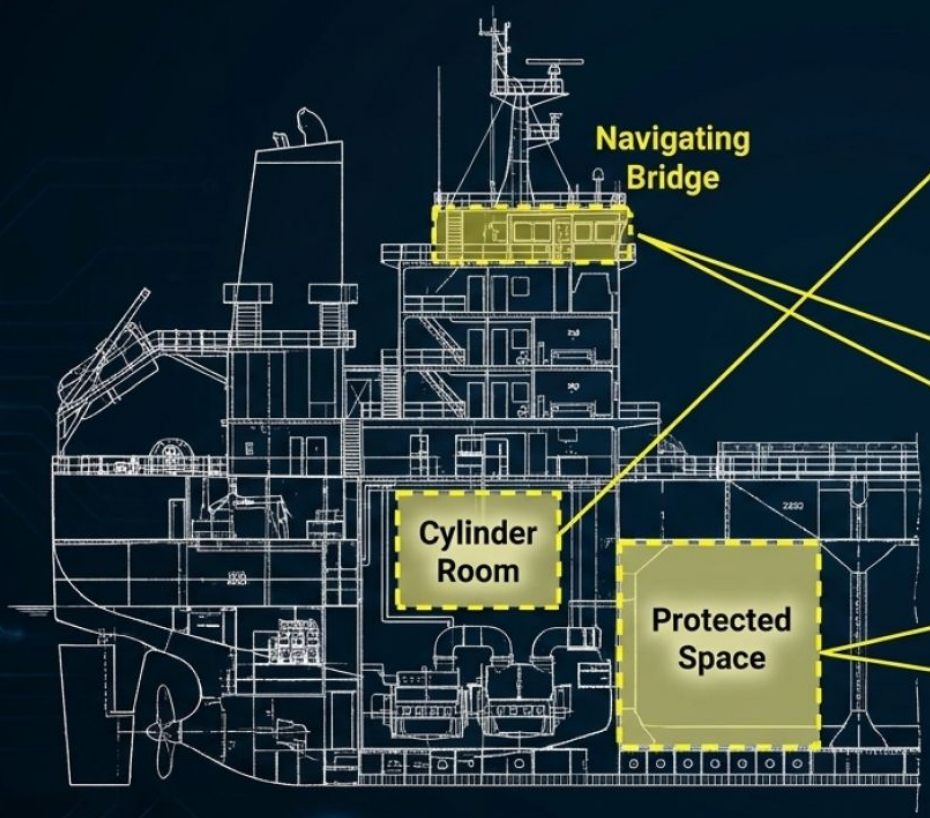
Ocupación: Toda sala de máquinas principal se considera 'normalmente ocupada', con excepción de espacios ≤ 170 m^3 (6000 ft^3) de acceso exclusivo para mantenimiento (13.3.1.1).

Control manual (A.13.5.2.3): El diseño no automático permite a la tripulación evaluar la masa del buque y el tráfico marítimo antes de detener la propulsión para descargar el sistema.

Todos los derechos reservados

Arquitectura Marina: Suministro y Supervisión (13.4 – 13.6)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS



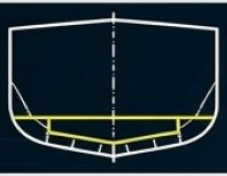
Ubicación de Cilindros (13.4.2.2): Si se ubican fuera del área protegida, el cuarto debe estar ventilado (máx. 55°C). Los mamparos y cubiertas contiguas exigen aislamiento estructural Clase A-60 y cierre estanco a gases.

Centro de Mando (13.6.2): Toda supervisión eléctrica (fallas de energía, baja presión, alarmas) debe anunciarse ob-onmigatoictamente en el puente de navegación (navigating bridge).

Cableado Crítico (13.6.3): Los circuitos de liberación dentro del espacio protegido deben tener aislamiento resistente al calor (ej. cable mineral) y poseer clasificación Clase A según NFPA 72.

Todos los derechos reservados

Integridad del Recinto y Aprobaciones Navales



Confinamiento y Sentinas (13.7)
Las aberturas requieren sellado permanente o cierres automáticos. Si el combustible puede drenar por gravedad, la protección debe extenderse a la sentina conectada (13.7.1.1).

Volumen de Inundación (13.8.4)



Cantidad total calculada sobre el volumen neto: (Volumen Bruto) – (Maquinaria sólida) + (Volumen de Sentina) + (Toma de aire/Stack uptake según SOLAS 74) = Volumen Neto.

Pruebas y Aceptación (13.11 - 13.13)

12-month

Inspección anual por personal competente (no requiere prueba de descarga).

24-month

Periodic Puff Testing (13.13): Prueba funcional comprobando alarmas, controles y retardos. Aceptación exige documentación probada para entornos marinos.

Todos los derechos reservados

Anexo A: Material Explicativo y Guía de Aplicación

El estatus normativo del Anexo A acompaña a los numerales marcados con un asterisco (*) en el cuerpo principal. Es exclusivamente informativo, justificativo y no exigible por sí mismo.

OIS ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Conceptualización e Interpretación

Cuerpo Normativo (Obligatorio)



Anexo A (Informativo)

Equivalencia y Retroactividad (A.1.3 / A.1.4): Autoriza a la autoridad competente a aceptar tecnologías equivalentes o eximir modificaciones retroactivas si resultan impracticables, garantizando la evolución técnica.

Inspecciones (A.11.4): Aclara que el propietario puede realizar inspecciones visuales mensuales, pero el mantenimiento requiere personal certificado (ej. formularios FSSA).

Impacto Ambiental (A.4.6)

Table A.4.6 Potential Environmental Impacts

Agent	GWP (IPCC 2013)	ODP
FIC-1311	≤1	0*
FK-5-1-12	<1	0
HCFC Blend A	1500	0.048
HFC Blend B	1400	0
HCFC-124	527	0.022
HFC-124	527	0
HFC-125	3170	0
HFC-227ea	3350	0
HFC-23	12,400	0
HFC-236fa	8060	0
IG-01	0	0
IG-100	0	0
IG-541	0	0
IG-55	0	0
HB-55	1	0.000

Proporciona las tablas de Potencial de Calentamiento Global (GWP) y Agotamiento de Ozono (ODP) para justificar la selección del agente ante normativas como el Protocolo de Montreal.

Todos los derechos reservados

Anexo B: Toxicología y Límites de Exposición (Halocarbonos)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Sensibilización Cardíaca: La toxicidad de los halocarbonos se limita por su potencial para causar arritmias en presencia de adrenalina. Utilizamos el Modelo PBPK (farmacocinético) para simular la concentración arterial crítica.

NOAEL (Sin efectos adversos observables) - Concentración máxima segura

Margen Restringido

LOAEL (Efectos adversos mínimos observables) - Inician efectos fisiológicos



La **Regla de los 5 Minutos** (4.3.2.4): Si el diseño supera el NOAEL, los medios de egreso y los retardos deben garantizar la evacuación total del personal en un máximo absoluto de 5 minutos (o menos de 30 segundos si supera el LOAEL).

Todos los derechos reservados

Anexo B: Productos de Descomposición Térmica

Fuego + Agente Halocarbonado → **Ruptura Molecular** → **Ácidos Halogenados**

Interacción térmica durante la extinción.

Se rompen las moléculas del agente a altas temperaturas.

Principalmente Ácido Fluorhídrico (HF).



El Peligro del Ácido Fluorhídrico (HF):

- Posee un olor acre y agudo que actúa como advertencia temprana.
- Umbral de irritación severa en vías respiratorias y ojos: ~3 ppm.
- Altas concentraciones (>200 ppm) son corrosivas para la electrónica y letales para humanos sin intervención.

Mitigación Crítica: Esta es la base científica por la cual la norma exige un tiempo de descarga máximo de 10 segundos. Apagar el fuego rápidamente minimiza la cantidad de HF generado.

Todos los derechos reservados

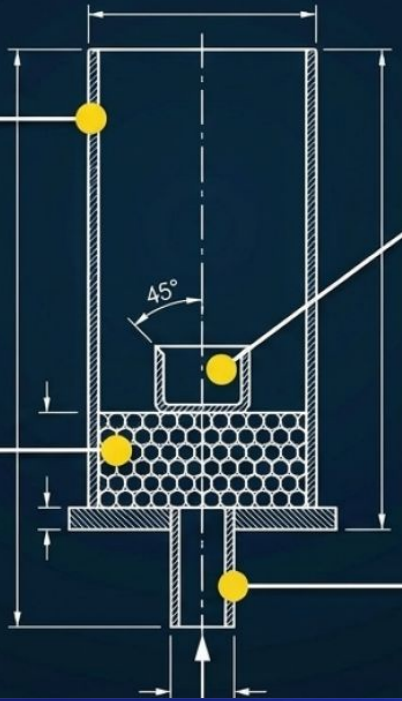
Anexo C: Prueba “Cup Burner” (Determinación del MEC)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Propósito: Determinar empíricamente la Concentración Mínima de Extinción (MEC) requerida en el aire para apagar una llama de difusión (Fuegos Clase B). El Diseño Final (MDC) aplica un factor de seguridad (ej. 1.3) a este valor.

A. **Chimenea** (*Chimney*): Tubo de cuarzo de 90 mm de diámetro exterior que confina el flujo.

B. **Copa** (*Cup*): Reservorio central de 31 mm (OD) donde arde el combustible (con borde biselado a 45°).



C. **Enderezador de Flujo:** Cama de cuentas de vidrio para garantizar ar un flujo vertical laminar (no turbulento).

D. **Suministro Estándar:** Caudal de aire nominal calibrado a 40 L/min (± 2 L/min). Observación de extinción mínima de 10 segundos.

Todos los derechos reservados

Anexo D: Procedimiento de Integridad del Recinto (Blower Door Test)

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Objetivo: Predecir el tiempo de retención (mínimo 10 min) modelando cómo descenderá la interfaz del agente pesado a través de las fugas de la sala, sin requerir una descarga real.

1
Preparación

Sellar ductos de ventilación (HVAC), revisar trampas de líquidos en drenajes y delimitar la altura máxima de inundación.

2
Presión de Sesgo (Bias)

Medir las presiones de fondo estáticas (causadas por clima o viento del edificio) con el ventilador apagado.

3


Prueba de Presurización

Activar el ventilador y medir caudales con diferenciales de presión, habitua-mente estabilizados a -10 Pa para despresurización.

4
Cálculo de Fuga (EqLA)

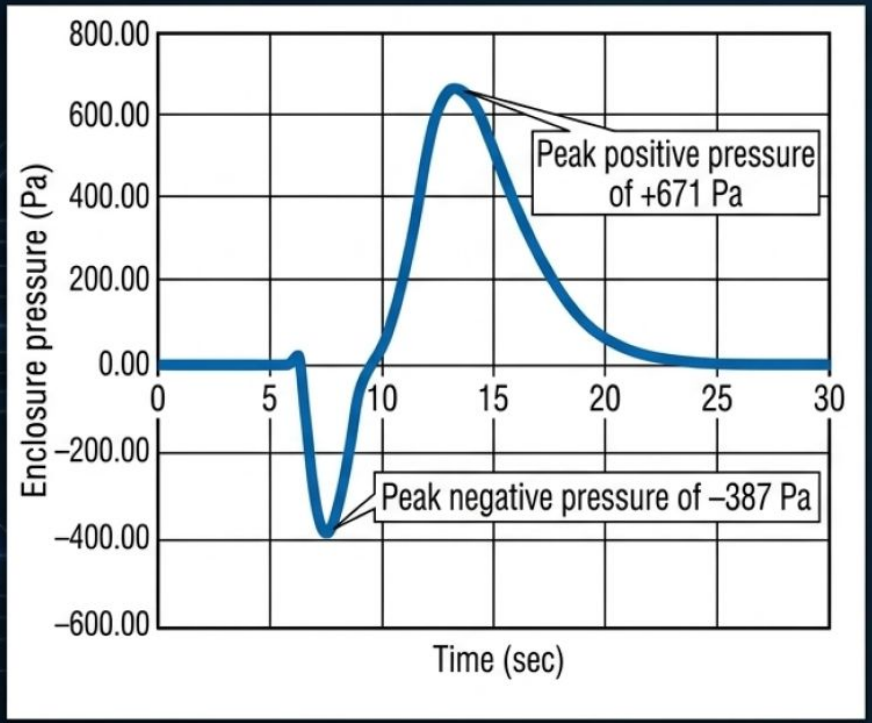
Estimar el Área de Fuga Equivalente. El software asume el 'peor escenario': 50% del área de fuga en el nivel más alto y 50% en el más bajo.

Todos los derechos reservados

Anexo E: Evaluación Estructural y Fluctuaciones de Presión

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

El Choque de Descarga (Ej. HFC-227ea)



Dinámica del Halocarbono

Liberar gas a alta presión en 10 segundos genera estrés estructural violento. Los halocarbonos causan un efecto dual:

- **Fase 1 (Negativa)**: El enfriamiento extremo y vaporización succionan el recinto (pica hasta -387 Pa).
- **Fase 2 (Positiva)**: La expansión del gas empuja las paredes (pica hasta +671 Pa).

Solución de Diseño

El recinto requiere un área de ventilación de alivio de presión (PRD) calculada y calibrada para soportar y purgar estos picos en los primeros 15 segundos sin provocar el colapso de muros secos o techos falsos.

Todos los derechos reservados

Anexo F: Física de Contenedores de Líquidos Vaporizables

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS

Enfriamiento
(Ej. Transporte invernal)

La densidad del líquido aumenta, su volumen se contrae y la presión del gas cae. El nitrógeno disuelto burbujea lentamente para restaurar el equilibrio.



Peligro de Calentamiento Rápido

Si un cilindro frío se calienta bruscamente, el líquido se expande comprimiendo severamente el espacio Sin agitación para que el gas vuelva a disolverse rápido, la presión dinámica excederá el límite y romperá el disco de alivio.

Todos los derechos reservados

Anexo G: Referencias Informativas y Apoyo Científico

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Diferenciación Crítica: A diferencia del Capítulo 2 (que exige cumplimiento obligatorio de normas como NFPA 72 o ASME), el Anexo G consolida bibliografía puramente informativa, la cual es fundamental como soporte para el diseño basado en desempeño.



Pilar 1: Bases Toxicológicas

Estudios de la EPA (SNAP), modelados PBPK y directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) sobre toxicidad y medio ambiente.



Pilar 2: Ingeniería y Fluidos

Protocolos avanzados de prueba de laboratorios de dinámica de gases, estándares ASTM y metodologías de presurización (Blower Door Test).



Pilar 3: Seguridad Naval

Directrices de la Organización Marítima Internacional (IMO) y convenciones SOLAS 74 para el diseño integral y protección de buques.

Todos los derechos reservados

Síntesis de Vida del Sistema — Fase 1: Ingeniería y Diseño

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

Análisis del Peligro
(Caps. 1-4, 13)

Identificar clase de fuego y ocupación específica (marítima vs. terrestre).

Límites de Seguridad
(Anexos B, C)

Definir el Agente basado en restricciones toxicológicas (NOAEL/LOAEL/PBPK) y establecer la Concentración de Extinción vía prueba empírica (Cup Burner).

Cálculo e Hidráulica
(Caps. 5-7)

Dimensionamiento de la red de distribución, simulación en software validado para flujo bifásico, comprobación del tiempo de descarga (máx. 10s) y emisión de documentación de ingeniería.

Todos los derechos reservados

Síntesis de Vida del Sistema — Fases 2 y 3: Aceptación y Servicio

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS

Fase 2: Puesta en Servicio (Cap. 10 + Anexos D, E)

- Revisión estricta As-Built contra planos de ingeniería aprobados.
- Pruebas funcionales eléctricas y calibración de enclavamientos.
- Prueba final sin descarga real: Blower Door Test (Anexo D) asegurando ventilación de alivio estructural (Anexo E) y retención del gas por 10 minutos.

Fase 3: Mantenimiento e Indisponibilidad (Caps. 11-12)

- Transición a la propiedad: inspecciones visuales (mensual), mantenimiento certificado (semestral/anual), pesaje de contenedores.
- Protocolo estricto de etiquetas, evaluación de riesgos provisional y autorización documentada ante cualquier pérdida de protección.

Todos los derechos reservados

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD
OIS

La NFPA 2001:2025 garantiza que la protección contra incendios de alto desempeño no comprometa la vida humana, la integridad estructural ni el medio ambiente.

La efectividad real del sistema no reside solo en cumplir la norma, sino en comprender los fundamentos termodinámicos, químicos y toxicológicos que dictan cada regla del diseño.

Todos los derechos reservados

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE SEGURIDAD

OIS

Todos los derechos reservados