

GUÍA PARA SISTEMAS DE PROTECCIÓN PASIVA CORTAFUEGO

Diseño, instalación e inspección de sistemas de sellos cortafuego

Autores

**Jay Woodward
Paloma Pérez**



Diseño de Portada: Paloma Pérez y Matthias Kaulisch-Schneeweiss

Director de Proyecto: Paloma Pérez

Autores: Jay Woodward y Paloma Pérez

Editor: Matthias Kaulisch-Schneeweiss

Copyright (c) 2023

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. Esta publicación es una obra protegida por derechos de autor propiedad del International Code Council, Inc. y Hilti Regional Services S.A. Sin el permiso por escrito de los propietarios de los derechos de autor, ninguna parte de este libro puede ser reproducida, distribuida o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio, incluyendo, sin limitación, medios electrónicos, ópticos o mecánicos (a modo de ejemplo, y no limitativo, fotocopia o grabación en un sistema de recuperación de información). Para obtener información sobre el permiso para copiar material que exceda el uso legítimo, diríjase a: ICC publications, 4051 Flossmoor Road, Country Club Hills, IL, 60478. Teléfono 1-888-ICC-SAFE (422-7233).

La información contenida en este documento se considera exacta. Sin embargo, se proporciona únicamente con fines informativos. La publicación de este documento por parte de ICC y Hilti no debe interpretarse como una prestación de servicios profesionales de ingeniería, jurídicos o de otro tipo por parte de los editores. El uso de la información contenida en este libro no debe ser considerada por el usuario como el sustituto del asesoramiento de un ingeniero profesional colegiado, abogado u otros profesionales. Si se requiere dicho asesoramiento, debe buscarse a través de los servicios de un ingeniero profesional registrado, abogado licenciado u otro profesional.

Partes de esta publicación reproducen extractos de la publicación *Firestopping, Joint Systems and Dampers*, una obra protegida por derechos de autor del International Code Council, Inc., Washington, D.C. Reproducido con autorización. Todos los derechos reservados. www.iccsafe.org

Marcas registradas: "International Code Council", el logotipo del "International Code Council" y el "International Building Code" son marcas registradas del International Code Council, Inc.

Créditos de las imágenes: Hilti, Recursos de Internet e ICC.

Las erratas de diversas publicaciones del ICC pueden consultarse en: www.iccsafe.org/errata.

Primera edición

Impresión en: México, Chile, Perú, Colombia, Argentina, Panamá, Ecuador, Uruguay, Costa Rica y República Dominicana.

PRÓLOGO DEL INTERNATIONAL CODE COUNCIL.

Traducido del inglés

Con los avances tecnológicos, la competencia y la globalización de nuestra economía, es fundamental que los códigos de edificación sean dinámicos y ofrezcan un camino para la aprobación de materiales, diseños y métodos de construcción nuevos e innovadores. Con frecuencia, los oficiales a cargo de los códigos utilizan informes de investigación, listados y/o nuevos informes de ensayos de fuentes aprobadas que demuestran verificación del cumplimiento del código. El ICC Evaluation Service, Inc. (ICC-ES) es una fuente independiente que los oficiales a cargo de los códigos utilizan con frecuencia para verificar que un producto está certificado conforme a una norma incluida en el código, o que un producto nuevo o innovador está evaluado conforme a criterios que cumplen con los requisitos del código de edificación en términos de resistencia, eficacia, resistencia al fuego, durabilidad, y seguridad. El ICC-ES, que funciona como una subsidiaria del International Code Council, Inc., trabaja en estrecha colaboración con los fabricantes, los oficiales a cargo de los códigos y la comunidad de diseño en un esfuerzo por facilitar la aceptación de productos en el mercado sin comprometer la seguridad pública. La información sobre los productos que han sido revisados por el ICC-ES para el cumplimiento con el código se puede consultar y descargar sin costo alguno visitando www.icc-es.org.

Mark A. Johnson

Vicepresidente Ejecutivo y Director de Producto y Desarrollo Comercial
International Code Council, Inc.





INTERNATIONAL FIRESTOP COUNCIL

THE Source of Firestop Expertise.

PRÓLOGO DEL INTERNATIONAL FIRESTOP COUNCIL.

Traducido del inglés

La compartimentación de fuego y humo es una característica esencial de seguridad contra incendios en edificios antiguos y nuevos. La compartimentación es una medida de seguridad contra incendios tan básica que puede observarse de formas destacadas en edificios de la antigüedad; desde las antiguas casas adosadas de China, hasta los almacenes medievales de Europa. Los muros cortafuego que separan edificios que se relacionan entre sí, pero que se encuentran en propiedades separadas e individuales, han permitido que las densas ciudades de los mundos antiguo y moderno se desarrollen sin la amenaza de que vastos incendios arrasen con manzanas enteras.

Pero la vida moderna y la llegada de las instalaciones de plomería, electricidad, ventilación y otros servicios han hecho necesario poder hacer penetraciones y juntas en muros y suelos clasificados como resistentes al fuego y seguir contando con la confiabilidad más próxima al 100% de esos muros y suelos cortafuego. La ciencia y la tecnología del sellado de estas penetraciones y juntas se ha denominado "sellado cortafuego".

El sellado contra incendios, cuando se especifica, instala e inspecciona correctamente, permite a nuestra sociedad moderna hacer penetraciones y tener juntas en paredes y suelos resistentes al fuego cuando sea necesario, y aun así garantizar que el fuego y el humo no se propagarán a través de esas penetraciones.

Se espera que este libro sea un valioso aporte para ayudar a los diseñadores, especificadores, instaladores e inspectores a aprender lo suficiente sobre el sellado cortafuego para que cada uno de ellos pueda desempeñar su papel a la hora de garantizar que el 100% de las penetraciones y juntas en paredes y suelos cortafuego estén adecuadamente selladas, y así proteger la propiedad y salvaguardar las vidas de los ocupantes del edificio y del personal de bomberos.

International Firestop Council,
John Valiulis
Director Técnico

PREFACIO

Debido a la gran cantidad de población y al tener un crecimiento anual de 0.7%, según datos del Banco Mundial¹, Latinoamérica es una región con un riesgo muy importante de incendio. Es una región en vías de desarrollo y el crecimiento en infraestructura ha ido mostrando la tendencia a optar por construcciones mayormente verticales, debido a las reducciones de espacio en las grandes urbes. Esto pone en evidencia el incremento acelerado y evolutivo de la industria de la construcción que en ocasiones no va de la mano del progreso en el manejo de medidas que reduzcan o mitiguen los riesgos asociados a su nivel ocupación y tipo de uso; poniendo en peligro la vida de sus ocupantes y grandes inversiones económicas.

Los principales retos para la mitigación y reducción de riesgos en estructuras en Latinoamérica son en muchas ocasiones la disponibilidad de sistemas de detección y alarma, sistemas de supresión con agua u otros agentes y sistemas de protección pasiva cortafuego, todos como parte de una visión equilibrada de prevención, que tiende a la evolución de la protección contra incendios. Esta visión está orientada, al desarrollo de un análisis costo-beneficio que tiene como finalidad encontrar un punto de convergencia y equilibrio entre qué tanto se desean reducir los riesgos “No Tolerables” o “ALARP²” a riesgos “tolerables” y la inversión económica.

La comprensión de un enfoque equilibrado y holístico de la protección contra incendios es uno de los factores que requiere mayor atención para poder lograr que esta visión de costo-beneficio se vea capitalizada en edificios seguros, teniendo en cuenta los componentes de ésta, los cuales incluyen: Seguridad funcional, sistemas de detección y alarma, sistemas de mitigación y sistemas de compartimentación.

Esta falta de comprensión se debe principalmente a que no tenemos ninguna literatura en la Latinoamérica que pueda abordar el tema en detalle. Por lo tanto, en la misión de salvar vidas y hacer nuestras estructuras seguras contra incendios y la concienciación técnica, se desarrolló este libro con el apoyo del International Code Council® (ICC®).

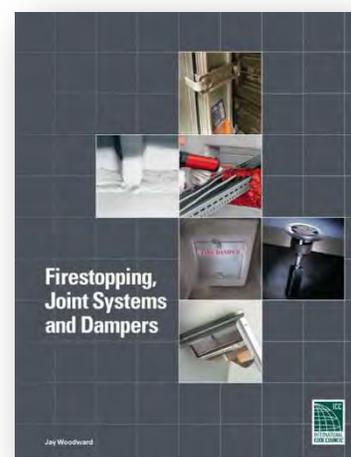
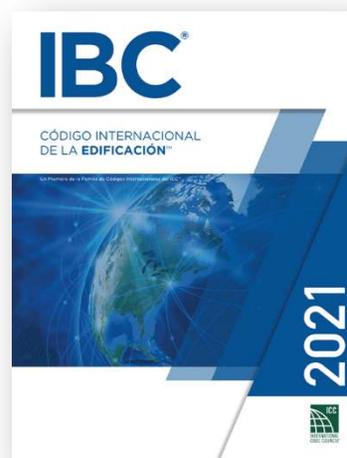
Este libro, como una *guía para sistemas de protección pasiva cortafuego, diseño, instalación e inspección de sistemas cortafuego*, examina las disposiciones de los diferentes códigos, normas, reglamentos y estándares de México, Chile, Perú, Colombia, Argentina, Panamá, Ecuador, Uruguay, Costa Rica y República Dominicana y el International Building Code® (IBC®), relacionadas con la protección cortafuego de aberturas y penetraciones en muros y losas para preservar la eficacia de un conjunto clasificado como resistente al fuego y/o al humo y que crean potenciales eslabones débiles que pueden reducir drásticamente la eficacia del conjunto, o hacerlo completamente inútil si no se protegen adecuadamente. Esta publicación explica e ilustra la correcta aplicación de los requisitos de los códigos, normas, reglamentos y estándares de los países antes mencionados para los sistemas cortafuego de penetración y de juntas para que un conjunto de construcción resistente al fuego y/o al humo pueda funcionar según lo previsto y mantener su clasificación. Como complemento, el ICC® proporciona el curso online “ICC Firestopping” y su Credencial de Aprovechamiento del Aprendizaje. Si desea obtener información al respecto, consulte el siguiente enlace: <https://www.iccsafe.org/cla/>

¹ <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.GROW?locations=ZJ>

² De sus siglas en inglés: As Low As Reasonably Practicable y que se traduce como “tan bajo como sea razonablemente posible”

El desarrollo de este libro además de tomar referencias de los códigos, normas y reglamentos de México, Chile, Colombia, Perú, Argentina, Panamá, Ecuador, Uruguay, Costa Rica y República Dominicana, se basó principalmente en el International Building Code (IBC) y el Firestopping Joint Systems and Dampers, ya que a falta de normativas concretas en Latinoamérica sobre cómo establecer la resistencia al fuego y el humo de los sistemas cortafuego, el IBC junto con las normas UL y ASTM, establecen requisitos detallados para el diseño, instalación e inspección de estos sistemas, incluyendo elementos estructurales, paredes de mampostería y arreglos horizontales.

Esta publicación se ha redactado para abordar los requisitos de las versiones vigentes de códigos, normas y reglamentos de los países antes mencionados, la edición 2021 del IBC y la última edición del Firestopping Joint Systems and Dampers.



AGRADECIMIENTOS

La autora de la *Guía para sistemas de protección pasiva cortafuego* agradece el patrocinio de Hilti Regional Services S.A. y el apoyo del International Firestop Council (IFC), su valiosa aportación y orientación en el desarrollo de esta publicación, son claves para el éxito de la educación en esta industria.

La autora desea dar las gracias a varias personas que han ayudado a la elaboración de esta publicación, aunque sus nombres no aparezcan en la portada, no cabe duda de que este documento no existiría sin su ayuda y esfuerzo.

En primer lugar, Miguel Alfonso Pontes de Barros Queiroz, Director de Marketing en Hilti Regional Services S.A. y Matthias Kaulisch-Schneeweiss, Fastening & Protection Marketing Manager en Hilti Regional Services S.A., quienes apoyaron profundamente el desarrollo de este libro, entendiendo que la industria de la construcción requiere una evolución técnica que lleve al mejoramiento de sistemas de protección pasiva cortafuego y con ello, a edificios más seguros.

Hay que dar las gracias a un gran número de personas que han aportado comentarios, sugerencias y fotografías para este libro, el cual es una mejor publicación gracias a sus esfuerzos:

Mark A. Johnson, Judy Zakreski y Hamid Naderi de ICC

Markus Schneider, John Valiulis, Brij Bhushan Singh y Nikita Ledovskiy de Hilti

Alberto Rodríguez Lozano, Lucero Gaslac, Catarina Rodrigues, quienes personalmente motivaron a la autora a continuar y finalizar esta publicación.

Acerca del International Code Council®

El International Code Council es la fuente mundial y líder de códigos modelo, estándares y soluciones de seguridad en la industria de la construcción, que incluye la evaluación de productos, acreditación, tecnología, codificación, entrenamientos y certificaciones. Los códigos, estándares y soluciones del International Code Council se utilizan para garantizar seguridad, rentabilidad y sustentabilidad en comunidades y edificios en todo el mundo.

La familia de soluciones del International Code Council (ICC) incluye el ICC Evaluation Service (ICC ES), S. K. Ghosh Associates, el International Accreditation Service (IAS), General Code, ICC NTA, ICC Cominito Development Solutions, Alliance for National & Community Resilience (ANCR), ICC Consulting Services y American Legal Publishing, que se dedican a la construcción de estructuras seguras, sustentables, rentables y resilientes.

Washington DC Headquarters:

200 Massachusetts Ave, NW, Suite 250, Washington, DC 20001

Regional Offices:

Eastern Regional Office (BIR)

Central Regional Office (CH)

Western Regional Office (LA)

Distribution Center (Lenexa, KS)

888-ICC-SAFE (888-422-7233)

www.iccsafe.org

Family of Solutions:



ÍNDICE

Prólogo del International Code Council.....	2
Prólogo del International Firestop Council.....	3
PREFACIO	4
AGRADECIMIENTOS	6
1. INTRODUCCIÓN A LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS.....	10
1.1. Antecedentes.....	11
1.2. Objetivo.....	13
1.3. Terminología.....	13
1.4. Referencias de códigos, leyes, normas, estándares y reglamentos.....	16
1.5. Reacción de combustión y modos de transferencia de calor.....	17
1.6. Modos de reacción de los materiales cortafuego.....	19
2. PROTECCIÓN PASIVA.....	21
2.1. Protección a estructuras.....	23
2.2. Compartimentación.....	25
2.3. Requisitos generales de compartimentación locales.....	30
2.4. Requisitos generales de compartimentación del International Building Code (IBC).....	31
3. SELLOS EN PENETRACIONES.....	37
3.1. Penetraciones.....	37
3.2. Requisitos locales para sellos en penetraciones.....	38
3.3. Requisitos del IBC para sellos en penetraciones.....	41
3.3.2. Cortafuego de penetración.....	46
3.3.3. Penetración de membrana.....	46
3.3.4. Sistema cortafuego de penetración de membrana.....	46
3.3.5. Penetraciones totales.....	47
3.3.6. Sistema cortafuego de penetraciones totales.....	47
3.4. Criterios de falla.....	48
3.5. Clasificación F, FR (Fire Rating).....	48
3.6. Materiales de relleno.....	51
3.7. Propiedades de materiales cortafuego.....	52
3.8. Mitos y malas prácticas.....	54
3.9. Estándares de ensayo para sistemas cortafuego de penetración.....	57
3.10. Juicios de ingeniería.....	62
3.11. Requisitos del IBC para aplicaciones donde no existen sistemas probados.....	64
3.12. Selección de sistemas.....	70
3.13. Instalación e inspección de sellos en penetración.....	75
4. SELLOS EN JUNTAS CONSTRUCTIVAS.....	85

Guía para sistemas de protección pasiva cortafuego

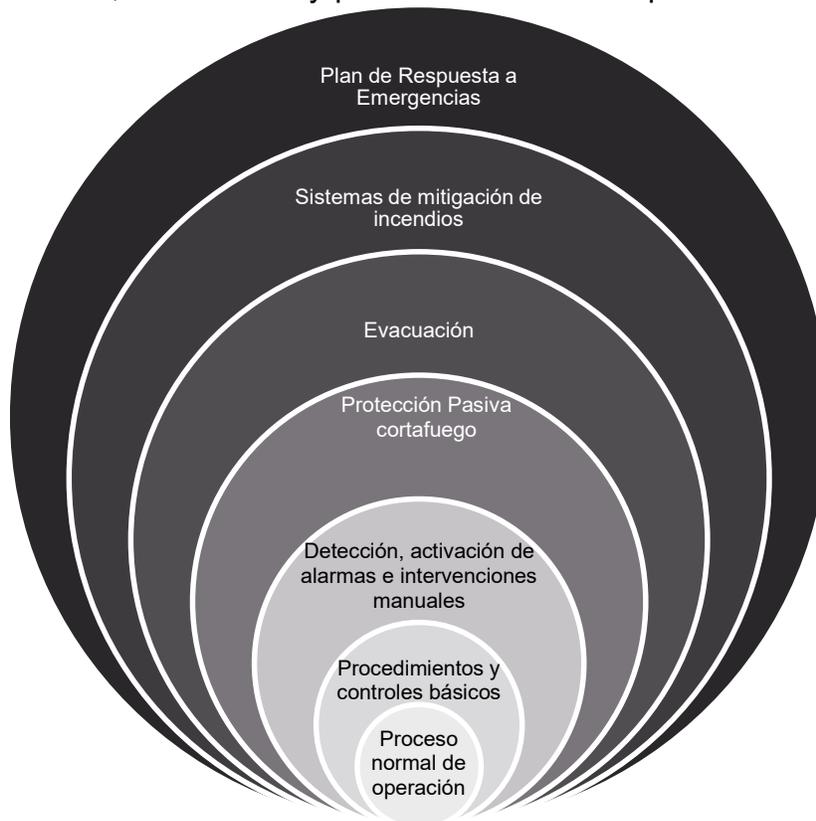
4.1.	Tipos de juntas	87
4.2.	Requisitos locales para sellos en juntas	89
4.3.	Requisitos IBC para sellos en juntas	92
4.4.	Sistemas de juntas en barreras corta humo	96
4.5.	Estándares de ensayo para juntas.....	97
4.6.	Criterios de falla para juntas cortafuego	100
4.7.	Juicios de ingeniería para juntas cortafuego	100
4.8.	Selección de sistemas de juntas	100
4.9.	Instalación e inspección de sellos en juntas	106
5.	SELLOS EN JUNTAS DE FACHADAS	108
5.1.	Tipos de fachada y juntas	109
5.2.	Tipos de muro cortina.....	110
5.3.	Requisitos locales para juntas de fachada	112
5.4.	Requisitos IBC para juntas en fachada.....	115
5.5.	Estándares de ensayo.....	118
5.6.	Criterios de falla	121
5.7.	Ensayos bajo UL	124
5.8.	Juicios de ingeniería.....	136
5.9.	Selección de sistemas de juntas en fachada	137
5.10.	Instalación e inspección	141
6.	ATRIBUTOS ADICIONALES.....	143
6.1.	Clasificación corta humo	143
6.2.	Capacidad de movimiento.....	146
6.3.	Aislamiento acústico.....	148
7.	SISTEMAS CORTAFUEGO INNOVADORES	151
7.1.	Innovaciones en sistemas cortafuego para el sector eléctrico	151
7.2.	Innovación en sistemas cortafuego mecánicos	152
7.3.	Innovación de sistemas cortafuego para muros cortina	153
	ANEXOS.....	154
	Anexo A. Modelo de especificaciones en proyectos	154
	Anexo B. Modelo de juicios de ingeniería	155
	Anexo C. Modelo de placa de identificación	156
	Anexo D. Modelo de lista de verificación de inspección de sellos en penetraciones	157
	Anexo E. Modelo de lista de verificación de inspección de sellos en juntas constructivas y de fachada.....	158
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	159
	REFERENCIAS HEMEROGRÁFICAS.....	160

1. INTRODUCCIÓN A LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS

La seguridad contra incendios está integrada por diferentes tipos de sistemas y procedimientos, que al actuar de manera realizan una acción conjunta ante una emergencia. Estos sistemas pueden considerarse como las diferentes capas de protección que requiere una estructura para que los riesgos se reduzcan y tiendan a cero, e igualmente nos ayuda a hacer un análisis económico sobre las inversiones necesarias.

De acuerdo con el análisis de capas de protección, tomado de la metodología *LOPA*³, las diferentes protecciones o salvaguardas que puede tener una estructura son evaluadas con la finalidad de conocer si éstas son suficientes o se requieren capas adicionales, a fin de tener un nivel de confiabilidad cómodo y aceptable para la estructura, que en términos numéricos esta metodología lo define como SIL 1, SIL 2, SIL 3 o SIL 4. Donde a mayor *SIL*⁴ se tendrá una mayor reducción del riesgo y una menor probabilidad de falla en demanda de los sistemas de protección contra incendios.

Cuando existe una emergencia por incendio, las diferentes capas de protección actúan una a una y si vemos el orden de activación, la protección pasiva es la tercera capa requerida para evitar que la emergencia se salga de control, y así evitar consecuencias mayores en términos de daños a las personas, al ambiente y pérdidas económicas por daños al propio inmueble o circundantes.



³ De sus siglas en inglés Layer of Protection Analysis, que se traduce como “Análisis de capas de protección”

⁴ De sus siglas en inglés Safety Integrity Level, que se traduce como “Nivel de Integridad de la Seguridad”

1.1. Antecedentes

Latinoamérica es una región en vías de desarrollo, eso quiere decir que muchos de los países que integran esta región aún están trabajando en la mejora de sus códigos de construcción y establecer una cultura de prevención.

En términos generales, Latinoamérica es una región donde se suscitan una gran cantidad de eventos por incendio. De acuerdo con diferentes investigaciones, de datos estimados y adaptados de reportes realizados por cuerpos de bomberos y diferentes analistas, se producen alrededor de 744 incendios diarios, teniendo un mayor número de reportes, países como México y Brasil. Sin embargo, es necesario no asumir que estos son países más inseguros que otros, sino que simplemente los incendios en los demás países pueden no ser reportados y no tener bases de datos históricas. El impacto económico asociados a daños materiales, se estima en alrededor de 4.2 mil millones de USD anualmente.



Figura 1. Gráfico de número de incendios en Latinoamérica por año (Datos de 2022)

Como ejemplo de análisis, el costo de inversión para de un hotel de 20 niveles de gama media en México es alrededor de \$2.6 millones de USD.

El costo de inversión de los sistemas de sellos cortafuego para compartimentar áreas de riesgo, llega a ser hasta de un 10% del monto de inversión, para este ejemplo: \$260 mil USD.

En un evento por incendio además de perder gran parte de la inversión por no compartimentar áreas de riesgo y permitir el avance del incendio a otras áreas, las multas, demandas e interrupciones en la operación incrementan los costos.

Un ejemplo es el del edificio One Meridian Plaza⁵, el dueño se vio forzado a pagar \$110 millones de USD entre multas, demandas y demoliciones, sin contar los costos asociados a la interrupción del negocio y caída en el posicionamiento de marca.⁶



Es importante destacar que los costos por interrupción al negocio resultan ser de los más altos y las aseguradoras regularmente cubren estos costos. Sin embargo, el periodo más largo asegurado es alrededor de un año posterior al incendio.

Adicionalmente, los procesos de litigio y resolución de los casos luego del incendio para hacer válidas las garantías de la póliza, pueden extenderse hasta por más de un año.

Si se considera que las reparaciones pertinentes se llevan a cabo en el año siguiente, el negocio será operable después de 2 años. En este periodo, la fidelidad de los clientes y el posicionamiento del negocio en el mercado también se ven afectados.

Haciendo un análisis de los códigos de construcción en cada uno de los países de Latinoamérica, aquellos donde se adoptan códigos y estándares americanos, tales como el International Building Code o NFPA 101 (NFPA: Panamá, Ecuador, Costa Rica, República Dominicana y Uruguay; IBC: Barbados, Trinidad y Tobago, Jamaica, Belice y Honduras) y que ha desarrollado un sistema de fiscalización, reflejan una tendencia menor en el número de incendios reportados, que aquellos países donde hace falta establecer un balance holístico entre requisitos y fiscalización.

Esto no quiere decir que los incendios no suceden o suceden menos en ciertos países, sino que la forma de administración del riesgo y las salvaguardas, en estos casos puede resultar ser más eficiente.

Es por esta razón, que esta publicación pretende exponer los requisitos del International Building Code como las mejores prácticas a adoptar dentro de los códigos, normas o reglamentos locales de los países de Latinoamérica y con ello lograr un avance tecnológico orientado a la reducción de riesgos y consecuencias por incendio.

⁵ Los costos pueden variar en cada país y dependiendo el tipo de edificio y el nivel de daños. El Hotel One Meridian Plaza en Filadelfia, es una referencia tomada de información disponible

⁶ <https://nfsa.org/2021/02/22/thirty-years-in-the-making-one-meridian-plaza-fire/>

1.2. Objetivo

Describir, mediante una síntesis de los datos disponibles en los códigos, normas y reglamentos de 10 países en Latinoamérica: México, Chile, Perú, Colombia, Argentina, Panamá, Ecuador, Uruguay, Costa Rica y República Dominicana.

Proporcionar una guía explicativa basada en el International Building Code y el Firestopping Joint System and Dampers, de las soluciones técnicas necesarias para obtener, con sistemas de sellado cortafuego, un adecuado control del fuego y el humo en los edificios.

1.3. Terminología

Aislamiento: Capacidad de un elemento de separación para edificaciones, cuando este es expuesto al fuego en una cara, para restringir la elevación de temperatura en la cara no expuesta por debajo de valores especificados.

Barrera cortafuego: Membrana continua, vertical u horizontal, como un conjunto de pared o suelo que está diseñado y construido con una clasificación de resistencia al fuego especificada para limitar la propagación del fuego y restringir el movimiento del humo.

Bloqueo contra incendios: Materiales de construcción instalados para impedir el paso libre de las flamas a otras zonas del edificio.

F Rating (FR): El tiempo que un sistema cortafuego impide el paso de las flamas a través de una abertura y supera con éxito la prueba de flujo de manguera, según lo determinado por ASTM E-814 o UL 1479 y ASTM E1966 o UL 2079.

Combustible: Cualquier material que pueda arder o sufrir una rápida oxidación y que su temperatura de ebullición es superior a los 35°C y su temperatura de inflamación superior a los 23°C.

Compartimentación: Delimitación de espacios dentro de un edificio, a través de barreras cortafuego en todos sus lados, incluida la parte superior e inferior.

Compuerta cortafuego: Cierre dispuesto para limitar automáticamente el flujo de aire parte de un sistema de conductos de aire, para restringir el paso del calor.

Clasificación del conjunto: Combinación de las clasificaciones FR y TR. En un conjunto de juntas, T es igual a F.

Espacio anular: La región, medida en línea recta entre los penetrantes, o entre la parte más externa de los penetrantes y la periferia interior de una abertura circular o los lados de una abertura rectangular.

IBC: International Building Code

ICC: International Code Council.

ICC-ES: International Code Council Evaluation Service

IFC: International Fire Code

Índice de fuga de aire (L Rating): Transmisión de aire a través de muestras de ensayo resultante de una diferencia de presión de aire aplicada sobre la superficie de las muestras de ensayo.

Integridad: Capacidad de un elemento de separación para edificaciones, cuando este es expuesto al fuego en una cara, para prevenir el paso de flama y gases calientes que inflamen la estopa de algodón en la cara no expuesta.

Intumescente: Término que describe los materiales que están diseñados para expandirse significativamente (normalmente de 2 a 10 veces su volumen original) cuando se exponen a suficiente calor. Los materiales intumescentes se utilizan a menudo como cortafuego, en particular alrededor de penetrantes combustibles.

Materiales de construcción: Instalados para impedir el movimiento de aire, humo, gases y flamas a otras zonas del edificio a través de grandes pasajes ocultos, como los espacios cielo o piso falso.

Material no combustible: No favorecerá la combustión ni añadirá calor apreciable a un incendio ambiental, sin generar humos o vapores tóxicos.

Material de relleno (safing): Material utilizado en los sistemas cortafuego (por ejemplo, lana mineral de roca).

M Rating (MR): Capacidad de movimiento que tienen los cortafuego de acuerdo con el estándar ASTM E 3037.

Muro cortafuego: Pared resistente al fuego, con aberturas protegidas, que restringe la propagación del fuego y se extiende de forma continua desde los cimientos hasta o a través del techo, con suficiente estabilidad estructural en condiciones de incendio para permitir el derrumbe de los elementos circundantes, sin que se derrumbe el mismo muro.

Penetración: Apertura en la cual un elemento de separación de fuego que usualmente se presenta para acomodar el paso de un servicio a través de ese elemento.

Protección Activa contra incendios: Sistema o dispositivo diseñado para alertar a los ocupantes, ayudar en la extinción o limitar la propagación del fuego (por ejemplo, sistema de rociadores o de alarma).

Protección pasiva contra incendios: Dispositivos o sistemas diseñado para confinar el fuego y el humo por zonas (por ejemplo, compartimentación).

Prueba de chorro de manguera: Esta parte de la norma ASTM E-814 (UL 1479) se realiza para representar la integridad mecánica del sistema cortafuego después de exponerse al calor.

Reacción endotérmica: Absorción de energía durante una reacción química. Por lo tanto, se siente frío al tacto.

Reacción exotérmica: Emisión de energía durante una reacción química. Por lo tanto, se siente caliente al tacto.

Sistema cortafuego: Construcción específica formada por un conjunto de pared o suelo cortafuego, un elemento o elementos penetrantes que atraviesan una abertura en el conjunto, y los materiales diseñados para ayudar a evitar la propagación del fuego a través de las aberturas.

Sello en penetración: Componente único o sistema utilizado para mantener la resistencia al fuego de un elemento de separación de fuego en la posición en la que los servicios pasan a través del elemento.

Sistema de juntas resistente al fuego: Es una construcción específica formada por conjuntos de muros y/o suelos. Es diseñado y probado para resistir el paso de flamas y gases calientes, en conformidad con la norma UL 2079.

Sistema de sellado de penetración: Montaje para prueba que consiste en el servicio o servicios penetrantes y el sello de penetración, materiales o dispositivos, en conjunto con cualquier construcción soporte de servicio, diseñada para mantener la integridad y el desempeño de la separación del elemento de separación durante la prueba de resistencia al fuego.

Sistema no clasificado: Conjunto que no se ha ensayado de acuerdo con ASTM E-119.

Sistema de tuberías cerrado: Sistema de tuberías completamente cerrado, suele transportar fluidos a presión. Ejemplos: distribución de agua caliente/fría, tuberías de rociadores húmedas, suministro y retorno de agua refrigerada, etc.

Soporte de servicio: Soporte mecánico provisto en forma de grapas, abrazaderas, sujetadores, bastidores de escalerilla de bandejas, o cualquier dispositivo diseñado para soportar la carga impuesta por los servicios penetrantes.

Sello de penetración ciego: Sistema en el que una apertura de determinado tamaño en el elemento de separación de fuego esta sellada o cerrada por un determinado sello sin la incorporación de servicios penetrantes.

Construcción de prueba: Montaje completo que consiste en el elemento de separación de fuego y el sistema de sellado de penetración.

Resistencia al paso de humo y gases: Capacidad de un elemento de separación para edificaciones, cuando este es expuesto al fuego en una cara, para restringir el paso de humo y gases calientes en la cara no expuesta por debajo de una tasa especificada.

Resistencia a la presión hidrostática: Capacidad de un elemento de separación para edificaciones, cuando este contiene un cuerpo de agua, para no degradarse por estar en contacto con el mismo.

T Rating (TR): El tiempo para que la temperatura de la superficie no expuesta del sistema cortafuego o cualquier elemento penetrante aumenta 180°C por encima de su temperatura inicial, según ASTM E-814 y UL 1479.

UL: Marca de aprobación de Underwriters Laboratories.

W Rating (WR): Clasificación opcional para penetraciones pasantes Sistemas cortafuego. Determina la eficacia de un sistema cortafuego para restringir el flujo de agua. Se ha demostrado que los cortafuego de clase 1 pueden resistir hasta 3 pies de columna de agua durante 72 horas.

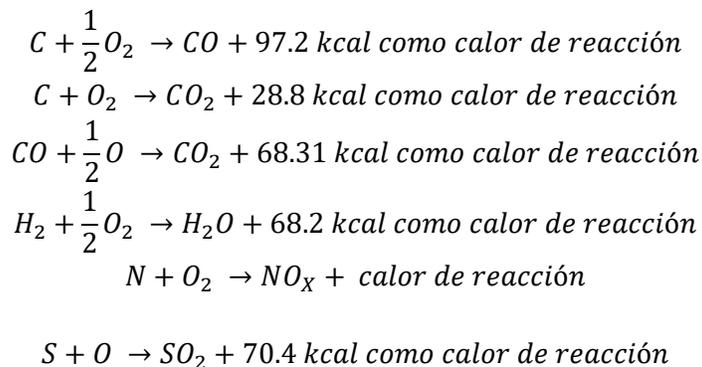
1.4. Referencias de códigos, leyes, normas, estándares y reglamentos

- **IBC:** International Building Code.
- **IFC:** International Fire Code.
- **ASTM E-814:** Standard Method of Fire Tests of Through-Penetration Firestops.
- **ASTM E1966:** Standard Test Method for Fire-Resistive Joint Systems
- **ASTM E-2307:** Standard Test Method for Determining Fire Resistance of Perimeter Fire Barriers Systems Using Intermediate-Scale Multi-story Test Apparatus
- **ASTM E 3037:** Standard Test Method for Measuring Movement Capabilities of Through-Penetration Firestop Systems
- **UL 1479:** Fire Tests of Through-Penetration Firestops
- **UL 2079:** Tests for Fire Resistance of Building Joint Systems.
- **NOM-002-STPS:** Condiciones de Seguridad - Prevención y Protección Contra Incendios en los Centros de Trabajo
- **NTC- Arq:** Normas Técnicas Complementarias de Proyecto Arquitectónico de México.

- **NOM-001-SEDE-2012:** Instalaciones Eléctricas (utilización) de México.
- **OGUC:** Ordenanza General de Urbanismo y Construcción de Chile.
- **NCh 935/1:** Ensaye de Resistencia al Fuego - Parte 1: Elementos de Construcción General de Chile.
- **NCh 935/2:** Ensaye de Resistencia al fuego - Parte 2: Puertas y Otros Elementos de Cierre de Chile.
- **NCh 935/3:** Ensaye de Resistencia al Fuego - Parte 3: Sistemas de Sello de Penetraciones de Chile.
- **NCh 935/4:** Ensaye de Resistencia al Fuego - Parte 4: Conductos de Ventilación de Chile.
- **NSR 10 J:** Norma Sismo Resistente 10 Capitulo J de Colombia.
- **RNE:** Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú
- **CEBA:** Código de Edificación de Buenos Aires, Argentina.
- **Ley 19587:** Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo de Argentina.
- **AEA 90364:** Reglamento para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas de Argentina.
- **NFPA 101:** Life Safety Code
- **NFPA 1:** Safety Code

1.5. Reacción de combustión y modos de transferencia de calor

Las reacciones de combustión son de tipo exotérmicas (liberan calor) y son la combinación de algún compuesto con oxígeno para hacer óxidos de los otros elementos como productos, estas reacciones son:



Estas reacciones, dependiendo la cantidad de oxígeno involucrado pueden dar lugar a reacciones completas e incompletas y con ellos diferentes tipos de gases como productos.

La materia está compuesta por diferentes elementos, siendo los más comunes Carbono (C), Hidrógeno (H), Oxígeno (O), Nitrógeno (N) y Azufre (S). Dentro de la reacción de combustión, estos elementos son parte de lo que se considera como combustible. Para que la reacción de combustión suceda, se requieren tres componentes básicos:

Cuando existe una falta de combustible dentro de la reacción de combustión, los gases producto se convierten en combustible, produciendo una reacción autoalimentada y permitiendo la propagación del fuego. A esto se le conoce como tetraedro del fuego.

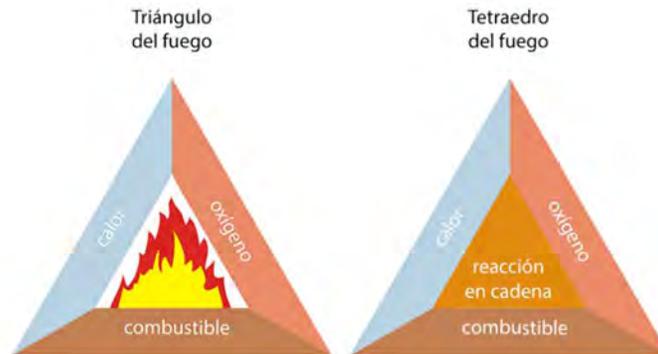


Figura 2. Triángulo y tetraedro del fuego

De acuerdo con la Ley Cero de la Termodinámica, el calor emitido por la reacción de combustión se propaga a través de los cuatro diferentes métodos de transferencia a fin de lograr un equilibrio térmico entre los sistemas:

- **Conducción:** Transmisión de calor entre sólidos

Durante un incendio, la conducción se realiza a través de los materiales combustibles, dado que las moléculas de los sólidos están más juntas, la elevación de temperatura sucede en poco tiempo.

- **Convección:** Transmisión de calor entre un sólido y un fluido (gas o líquido)

Durante un incendio, la convección se realiza a través de los gases de combustión y aire caliente a los combustibles, dado que las moléculas de los fluidos están más separadas, la elevación de temperatura sucede en un tiempo medio.

- **Difusión:** Transmisión de calor entre fluidos (gas o líquido)

Durante un incendio, la difusión se realiza a través de los gases de combustión y aire caliente, dado que las moléculas de los fluidos están más separadas, la elevación de temperatura sucede en un tiempo bajo.

- **Radiación:** Transmisión de calor a través de ondas electromagnéticas por debajo del espectro infrarrojo.

Durante un incendio, la radiación se realiza a través de las ondas electromagnéticas producidas por la flama y de forma radial, la elevación de temperatura sucede en poco tiempo.

1.6. Modos de reacción de los materiales cortafuego

De acuerdo con la Ley de Fourier, la transferencia de calor se produce de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Q = -K A \frac{\Delta T}{\Delta X}$$

Siendo:

Q : Calor

K : Conductividad del material

A : Área por la cual el calor es transmitido

ΔT : Diferencial de temperatura entre el lado expuesto y el lado no expuesto

ΔX : Diferencial de distancia por donde el calor es transmitido

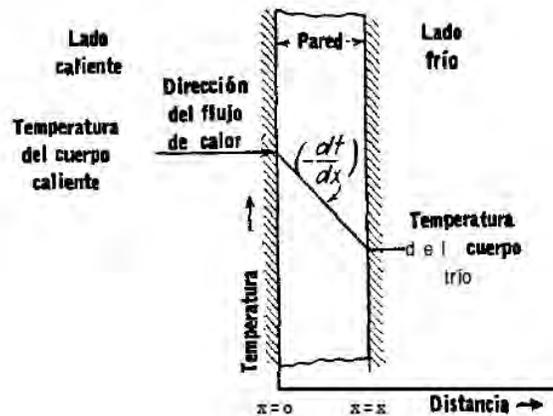
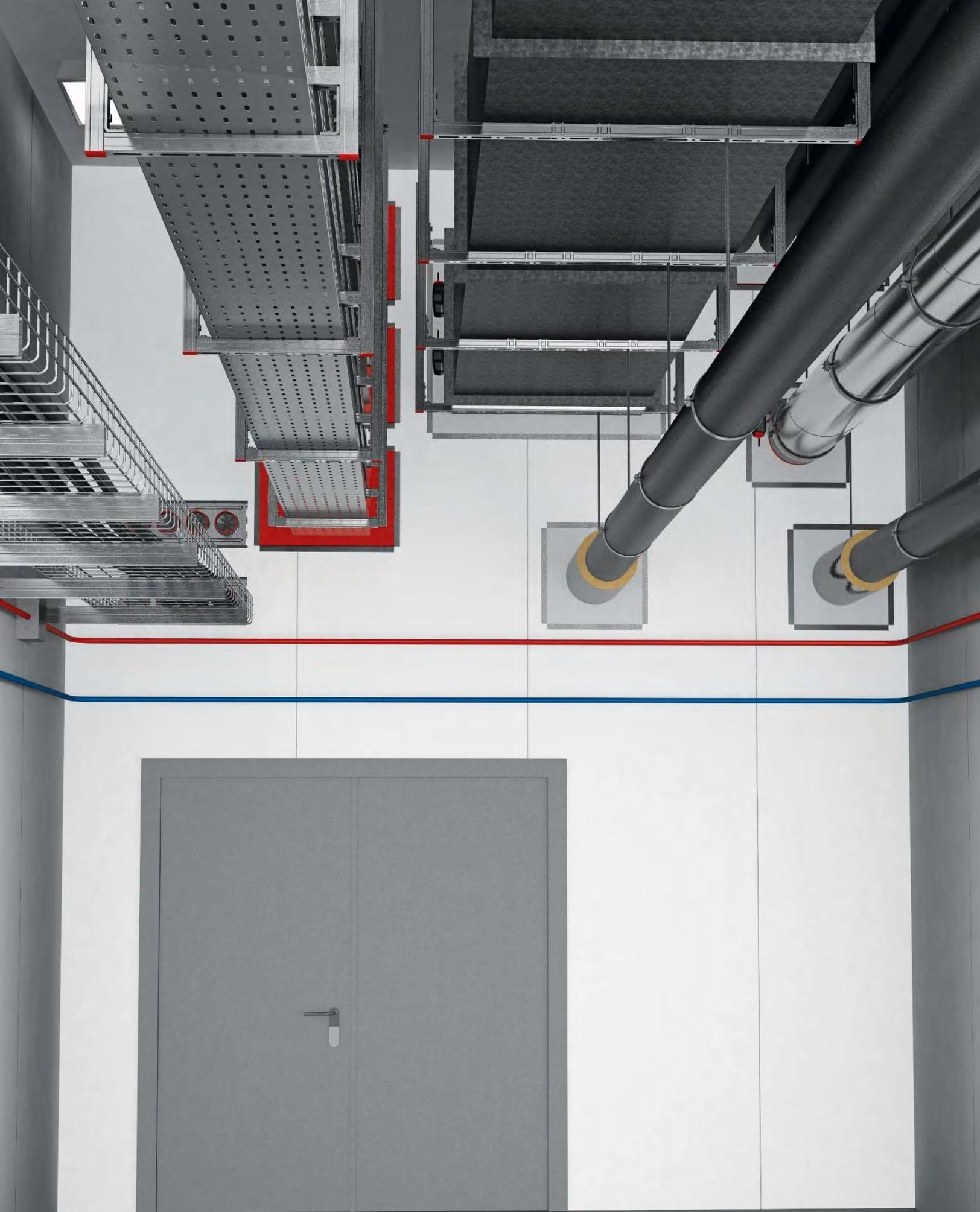


Figura 3. Flujo de transferencia de calor.⁷

Cada una de estas variables afecta en gran manera la transferencia de calor de un lado a otro y es por ello por lo que los materiales cortafuego tienen diferentes modos de reacción, a fin de modificar las variables de esta ecuación y limitar la transferencia de calor y el humo, que son propiciadores de autoignición de materiales.

⁷ Procesos de Transferencia de Calor, Donald Q. Kern, editorial CECSA, Primera edición, 1965.



2. PROTECCIÓN PASIVA

El siguiente gráfico de evolución de un incendio muestra con la línea roja, como la temperatura va incrementando gradualmente, desde el punto de ignición, hasta alcanzar su punto máximo, también conocido como “Flash Over”.

Por otro lado, la línea gris, muestra cómo se inicia el proceso de evacuación y como la cantidad de personas dentro del edificio va disminuyendo; al mismo tiempo los sistemas de protección activos (Sistemas de detección y alarma y los sistemas de mitigación) actúan en los primeros minutos de desarrollo del incendio (de 0 a ~3min).

Después de un cierto tiempo, el incendio se propaga naturalmente, lo que hace que la temperatura incremente, comprometiendo la estabilidad estructural y la capacidad de visibilidad de los evacuantes, a la vez que van incrementando los niveles toxicidad por la acumulación de humo. Desafortunadamente bajo este escenario, el cual es bastante común, un porcentaje de personas no tienen posibilidad de evacuar.

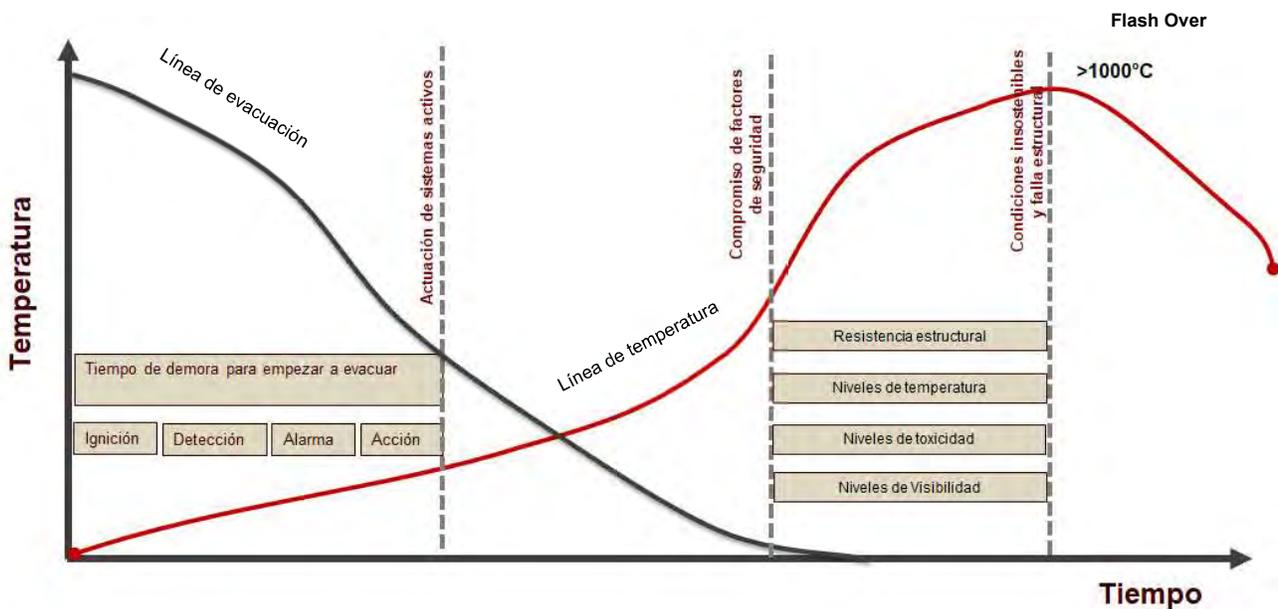


Figura 4. Análisis de evolución de un incendio

De acuerdo con datos de la *National Fire Protection Association*⁸, el 75% de las muertes durante un incendio son causadas por la inhalación de humo y el 57% de estas, no están asociadas al lugar donde se originó el incendio⁹. Esto es porque la visibilidad se reduce considerablemente

⁸ Hall, Jr. John R. Análisis e investigación de incendios de la NFPA, Quincy, MA. “Quemaduras, Gases Tóxicos y otros Peligros”.

⁹ Manual de protección contra incendios de la NFPA, 18.ª edición. Tabla 8-1P. pág. 8-17.

en un radio promedio de 3.5 m¹⁰, debido a la velocidad de propagación de humo, la cual oscila entre los 40 m/s a 80 m/s¹¹, dependiendo del tipo de material combustible involucrado.

En Latinoamérica, se han suscitado cuatro de los 15 incendios más costosos a nivel mundial en los últimos 30 años. Gran parte de los incendios con muertes múltiples o pérdidas multimillonarias pasan desapercibidos fuera de su lugar de origen y generalmente no son debidamente documentados desde el punto de vista técnico o normativo¹². Por consiguiente, no se ha creado un aprendizaje de los recursos necesarios para reducir las consecuencias. Ejemplos de estos eventos son:

Tabla 1. Casos de Incendios en Latinoamérica desde el año 2000

No.	Incendio	País	Año	Número de muertes
1	Supermercado Ycua Bolaños	Paraguay	2004	530
2	Prisión Camayagua	Honduras	2012	358
3	Área comercial Mesa Redonda Lima	Perú	2019	291
4	Kiss	Brasil	2013	242
5	Cromagnón	Argentina	2004	194
6	Prisión Higuey	República Dominicana	2005	134
7	Prisión de San Pedro Sula	Honduras	2004	104
8	Guardería ABC	México	2009	49

Fuente: Artículo: “Dónde estamos y hacia dónde vamos en seguridad contra incendios”, Jaime A. Moncada

¹⁰ Manual de protección contra incendios de la NFPA, 18.ª edición. Tabla 1-1P. Pág.1-15.

¹¹ Estimación basada en los cálculos de la velocidad de flujo de humo para alturas de techo y tasas de liberación de calor típicas.

¹² Artículo: “Dónde estamos y hacia dónde vamos en seguridad contra incendios”, Jaime A. Moncada

Las temperaturas que llega a alcanzar un incendio se han evaluado a través de diferentes estándares, para con ello crear una base de análisis para la protección de diferentes tipos de edificaciones.

Por lo tanto, es importante que estos sistemas susceptibles a debilitarse y a propiciar la propagación de fuego y humo se protejan con conjuntos de la misma clasificación. La protección de estas aberturas y penetraciones es el tema central de esta guía para que los usuarios de un edificio puedan estar seguros de que los sistemas con clasificación de resistencia al fuego y/o resistentes al humo cumplen su función prevista y pueden minimizar o prevenir la propagación del fuego y el humo y la posibilidad de fallos estructurales.

Los componentes de la protección pasiva cortafuego engloban dos diferentes sistemas:

- Protección a estructuras de acero (Fireproofing)
- Compartimentación

2.1. Protección a estructuras

Edificios, puentes, rascacielos y almacenes se construyen con perfiles de acero estructural. Es importante mencionar que, de acuerdo con la masividad de cada uno se asocia su resistencia al fuego. A unos 400 °C, la capacidad de carga de la estructura de acero empieza a disminuir y aproximadamente a 600°C, pierde el 50% de su resistencia, creando un riesgo crítico de colapso.

El objetivo de establecer resistencia al fuego es garantizar que, en caso de incendio en un edificio la capacidad de carga de la estructura siga funcionando hasta que todos los ocupantes hayan evacuado.

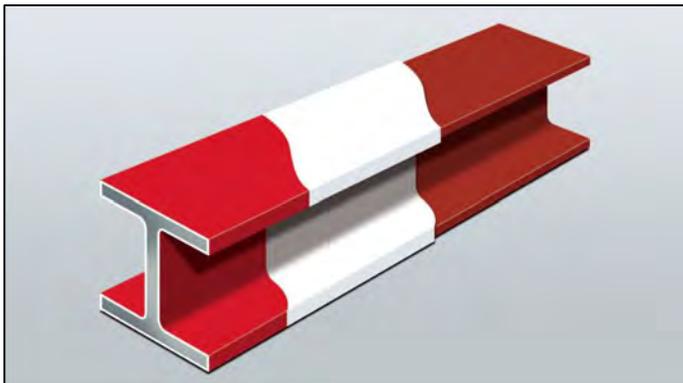


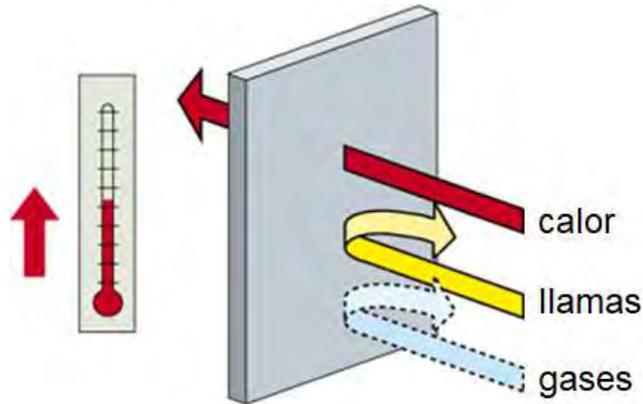
Figura 5. Ejemplo de protección de elementos estructurales



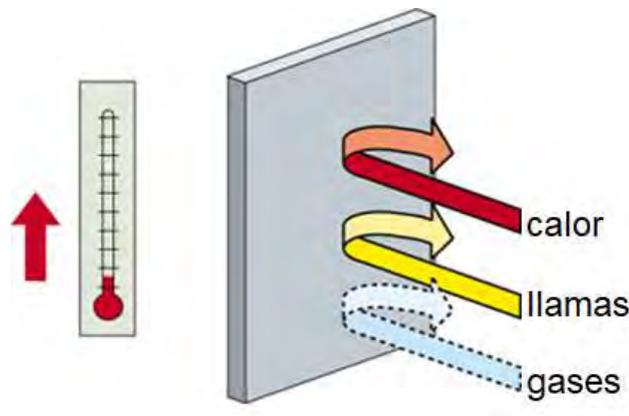
Figura 6

La capacidad de resistencia al fuego del muro y/o el suelo compartimentado depende de:

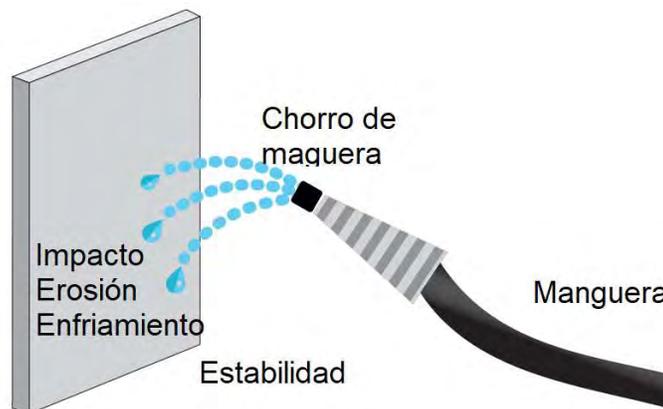
- La integridad, es decir, la capacidad de resistir el paso de flamas/gases calientes



- Aislamiento, es decir, la capacidad de restringir el aumento de temperatura en la cara no expuesta



- Estabilidad, es decir, la capacidad de resistir la prueba de chorro de manguera, la cual involucra impactos, erosión y efectos de enfriamiento.



2.2. Compartimentación

El objetivo de la compartimentación es confinar un incendio en una zona limitada durante un tiempo determinado y así ralentizar la propagación del fuego y el humo en el edificio, dejar más tiempo para la evacuación de los ocupantes e ingreso de los cuerpos de rescate y reducir las pérdidas materiales e indirectos.

Los edificios grandes suelen estar segmentados en compartimentos más pequeños con límites resistentes al fuego y aberturas protegidas.

La compartimentación es uno de los aspectos más importantes del diseño de seguridad contra incendios del edificio. Por ejemplo, en los edificios residenciales de gran altura, cada piso se diseña de forma que esté separado para evitar que el fuego se propague de un piso a otro, a través de compartimentación vertical. Adicionalmente, para proporcionar a los ocupantes medios de escape, se compartimenta horizontalmente para evitar que el fuego y el humo se propaguen a diferentes áreas en un mismo piso.

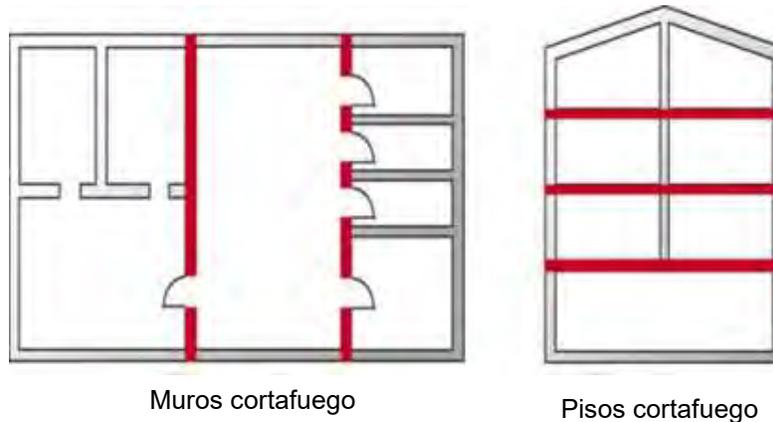


Figura 7. Compartimentación horizontal y vertical

2.2.1. Los componentes de la compartimentación:

- Elementos de separación: Muros, pisos y techos cortafuego
- Puertas cortafuego
- Sellos cortafuego (Firestopping)

A continuación, se explican cada uno de ellos.

A. Elementos de separación: muros, pisos y techos cortafuego

Esta es una medida implementada en las edificaciones e industrias para prevenir la propagación del fuego minimizando los daños en la estructura y a las personas que se encuentren dentro.

Los muros, pisos y techos cortafuego son medidas de protección contra incendio en estructuras. Cuando uno de estos elementos cortafuego pierden la continuidad del material que lo compone, deja de ser considerado como cortafuego, por lo que es necesario que se complementen a través de materiales o sellos que tengan igual resistencia al fuego, para volver a considerarse como cortafuego.

La implementación de estos elementos cortafuego en las edificaciones varía de acuerdo con las condiciones y evaluaciones por parte de profesionales y los posibles incendios que se puedan presentar.

B. Puertas cortafuego

Por definición es la combinación de puerta cortafuego, marco, herrajes y otros accesorios que, en su conjunto, proporcionan a la abertura una clasificación específica de resistencia al fuego en términos de su estabilidad, integridad y propiedades de aislamiento, cuando se instalan en las aberturas en muros de separación contra incendios. La puerta cortafuego son un componente del conjunto clasificado para considerarlo como resistente al fuego.

Un aspecto importante para limitar la propagación del fuego, el humo y gases tóxicos, es proteger las aberturas desde el diseño para garantizar el funcionamiento del edificio en un evento crítico. Las puertas cortafuego son uno de los sistemas necesarios para el funcionamiento del edificio y se utilizan para permitir la salida segura de los ocupantes del edificio en caso de incendio o sismo.



Figura 8. Ensamble de puerta cortafuego

C. Sellos cortafuego

La compartimentación incluye sistemas de sellado, estos son parte del conjunto clasificado como resistente al fuego y son el complemento de muros, pisos o losas cortafuego, que al ser penetrados por instalaciones de servicio o perder la continuidad, se pierde también la resistencia al fuego; en este caso, los sellos cortafuego se instalan en:

- Pasos de tuberías metálicas o poliméricas
- Pasos de bandejas, charolas eléctricas o cables
- Juntas constructivas
- Juntas perimetrales de muro cortina o fachadas ventiladas
- Marcos de puertas y ventanas

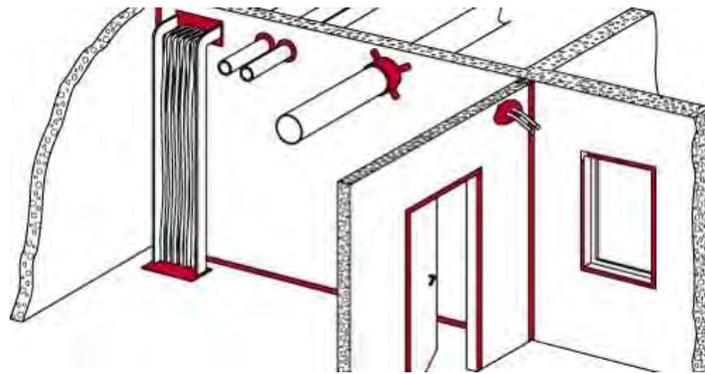


Figura 9. Elementos que consideran sellos cortafuego

El conjunto cortafuego para penetraciones pasantes es una combinación de materiales cortafuego compatible para su uso con los elementos de penetración como cables, bandejas portacables, conductos, canalizaciones, tuberías, etc., y sus medios de soporte, que juntos restablecen la clasificación de resistencia al fuego de los elementos de separación contra incendios en términos de su integridad y/o propiedades de aislamiento.

Por otro lado, el conjunto de cortafuego para juntas es aquel en el que el cortafuego con capacidad de movimiento se utiliza para sellar las juntas lineales entre elementos de separación adyacentes, que deben instalarse dentro de sus límites de diseño probados con respecto al tamaño de la junta, tipo de montaje y capacidad de compresión y elongación previstas de la junta.

La efectividad de la resistencia al fuego de los sistemas de sellos cortafuego son evaluados de acuerdo con ensayos de resistencia.

La resistencia al fuego de un elemento de construcción se determina a partir de un ensayo basado en el rendimiento mediante la lectura de temperaturas medidas en un horno de prueba,

contra el tiempo transcurrido en la prueba a una presión determinada; el resultado es una curva de Tiempo vs. Temperatura.

Los penetrantes y los sistemas de juntas se montan en un marco vertical u horizontal. El marco se coloca contra un horno de pared abierta o encima de un horno de techo abierto y se expone al fuego de la curva Tiempo vs. Temperatura estándar, hasta la falla.

Los criterios de falla de los elementos de separación se basan en la transferencia térmica y la integridad. La transferencia térmica se mide con termopares colocados en la cara no expuesta del elemento.



Figura 10. Ensamble de sistemas a someter a ensayo de fuego

Los procedimientos para medir la resistencia al fuego de los elementos de separación, estructuras de techos, vigas y columnas, se describen en ASTM E119 “*Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction*” y la UL 263 “*Fire Tests of Building Construction and Material*”



Figura 11. Ensamble por montar en horno de pared abierta

Todas las normas ASTM y UL de ensayos de resistencia al fuego, excepto ASTM E1725 “*Standard Test Methods for Fire Tests of Fire-Resistive Barrier Systems for Electrical System Components*”, prescriben un ensayo de chorro de manguera suplementario para evaluar la capacidad de la construcción para resistir desintegración en condiciones adversas. La prueba del chorro de manguera se realiza tras la finalización del ensayo de resistencia al fuego, o en una muestra duplicada que se ha expuesto al fuego estándar durante la mitad de la duración deseada.

Los estándares ASTM E 119 y UL 263 evalúan la capacidad de un conjunto para contener un incendio, mantener su estabilidad estructural, o ambas cosas, durante el periodo de tiempo para el que ha sido clasificado. Las pruebas miden y evalúan la transferencia de calor (aumento de temperatura) a través de elementos que protegen el armazón estructural para ayudar a garantizar que el conjunto pueda cumplir su función y también para asegurar que la ignición de la superficie caliente no puede ocurrir en el lado protegido. Estas pruebas se realizan utilizando la curva Tiempo vs. Temperatura que se muestra en la figura 13.

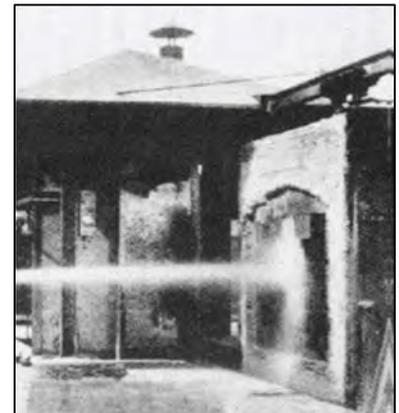


Figura 12. Prueba de chorro de manguera

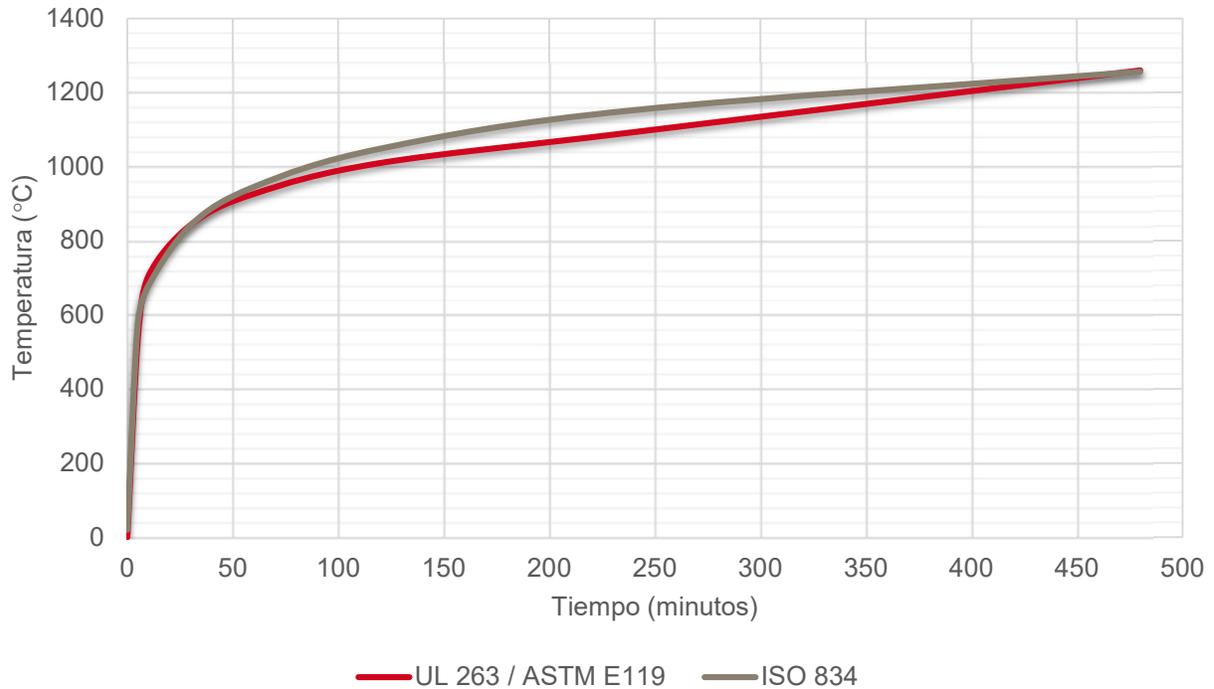


Figura 13. Curvas de Tiempo vs. Temperatura

Las temperaturas utilizadas en la norma de ensayo no tienen por objeto ser indicativas de ningún tipo de incendio específico, sino que pretenden proporcionar un medio reproducible y coherente para que los distintos elementos de construcción, componentes y conjuntos de edificios puedan ser evaluados y comparados, tanto con la prueba como entre sí.

Es importante conocer los criterios de comportamiento de los conjuntos resistentes al fuego y/o resistentes al humo, ya que el usuario podrá tener una mejor apreciación del nivel de protección que estos proporcionan.

2.3. Requisitos generales de compartimentación locales

Este análisis se enfoca en los siguientes países: México, Chile, Perú, Colombia, Argentina, Panamá, Ecuador, Uruguay, Costa Rica y República Dominicana.

Los códigos de construcción, leyes, normas y reglamentos para establecer sus requisitos se basan en los tipos de riesgos asociados al tipo de usanza y al nivel de ocupación de un edificio o instalación. Sin embargo, estos pueden no ser los más actualizados o los más completos.

La intención de este análisis no es poner en evidencia la falta o no consideración de requisitos o sistemas de seguridad, sino ser una guía de mejores prácticas actualizadas para el usuario, partiendo de la premisa de que los requisitos que establecen las regulaciones locales en estos países son considerados como “mínimos” y que en algunos de los casos no ayudan a alcanzar la reducción de riesgos o consecuencias por incendio.

2.4. Requisitos generales de compartimentación del International Building Code (IBC)

La sección 707 del IBC exige que deben colocarse barreras anti-fuego de materiales permitidos, en cerramientos de recintos, escaleras de salida interiores y rampas, escaleras de acceso y de salida, pasillos de salida, estructuras de usos circunstancial, áreas de control y áreas de un mismo edificio con diferente tipo de uso, de acuerdo con los grupos mencionados en la sección 302 del IBC.

La clasificación de resistencia al fuego no deberá ser menor al especificado en la siguiente tabla, para el caso de separaciones de destinos mixtos, debe considerarse el valor más alto:

Tabla 2. Resistencia al fuego por tipo de destino

Grupo	Clasificación de resistencia al fuego (horas)
H-1, H-2	4
F-1, H-3, S-1	3
A, B, E, F-2, H-4, H-5, I, M, R, S-2	2
U	1

Adicionalmente, estas barreras anti-fuego deben extenderse desde la parte de arriba del sistema piso/cielorraso inferior hasta la parte inferior del piso o entablado de techo, losa o cubierta por encima y deben estar sujetos en forma segura a los mismos. Tales barreras anti-fuego deben ser continuas a través de espacios ocultos, como el espacio por encima de un cielorraso suspendido.

En caso de que existan, penetraciones, juntas o vacío en intersecciones en las barreras cortafuego, estas deben cumplir con las secciones 714, 715, 716 y 717 del IBC. Las cuales mencionan que deben diseñarse e instaladas de acuerdo con un sistema listado, de acuerdo con las instrucciones de instalación del fabricante y el criterio de listado.

La sección 703.2 del IBC exige que la clasificación de las penetraciones se determine de acuerdo con los requisitos para el tipo de construcción, como se especifica en su Tabla 601. Las clasificaciones de resistencia al fuego no deben ser menores a las clasificaciones

requeridas por los sistemas con clasificación de resistencia al fuego soportados por los elementos estructurales y a la sección 714.

La clasificación de destino y designación de uso se denomina “grupo” en la sección 302 del IBC, la cual se menciona a continuación:

Clasificación de destino y designación de uso

A. Reuniones (ver Sección 303): Grupos A-1, A-2, A-3, A-4 y A-5.

Grupo A incluye, entre otros, el uso de una edificación o estructura, o una porción de esta para la reunión de personas con propósitos cívicos, sociales o religiosos; recreación, consumo de comida o bebida; o espera de transporte.

Estudios de televisión y radio que admiten audiencia, salas cinematográficas, salas de sinfonía y conciertos, teatros, casinos (áreas de juego), clubes nocturnos, restaurantes, cafeterías y comedores similares (incluyendo cocinas comerciales asociadas), salones de banquetes, tabernas y bares, áreas de espera en terminales de transporte, bibliotecas, canchas de boliche, canchas de tenis cubiertas (sin asientos para espectadores), funerarias, galerías de arte, gimnasios (sin asientos para espectadores), invernaderos para la conservación y exhibición de plantas que proveen acceso público, lugares de culto religioso, museos, piscinas cubiertas (sin asientos para espectadores), salas de conferencias, salas de justicia, salones comunitarios, salones de baile (que no incluyen consumo de comida o bebida), salones de billar, salones de exhibición, salones de juegos, arenas, canchas de tenis, piscinas, pistas de patinaje, estadios, estructuras para parques de diversiones, gradas y tribunas.

B. Negocios (ver Sección 304): Grupo B.

Con ocupación mayor a 50 personas, el uso de una edificación o estructura, o una porción de esta, para oficina, transacciones de tipo profesionales o de servicios, incluyendo almacenamiento de registros e informes. El destino Negocios debe incluir, sin estar limitado a, los siguientes:

Administración cívica, bancos, centrales telefónicas, clínica de consulta externa, destinos educacionales para estudiantes por encima del 12 grado, entrenamiento y desarrollo de capacidades fuera de una escuela o programa académico (esto puede incluir, pero no está limitado a, centros de tutoría, estudios de artes marciales, gimnasios y usos similares independientemente de las edades que atiendan, y cuando no estén clasificados como destino del grupo a), establecimientos de procesamiento de alimentos y cocinas comerciales (no asociadas con restaurantes, cafeterías y comedores similares de no más de 2,500 pies cuadrados (232 m²) de área, estaciones de radio y televisión, hospitales de animales, guarderías de perros y perreras, imprentas, instalaciones de cuidado ambulatorio, laboratorios: ensayos e investigación, lavaderos de autos, oficinas de correo, peluquerías y salones de

belleza, procesamiento electrónico de datos, salas de exposición de automotores, servicios profesionales (arquitectos, abogados, dentistas, médicos, ingenieros, etc.), tintorerías y lavanderías: estaciones de recolección y autoservicios y torres de control de tráfico aéreo.

C. Educativa (ver Sección 305): Grupo E.

Ocupación por seis o más personas en cualquier momento para propósitos educacionales hasta el 12vo grado.

Culto religioso con menos de 100 personas y guarderías.

D. Fábrica e Industria (ver Sección 306): Grupos F-1 y F-2.

El uso de una edificación o estructura, o una porción de esta, para operaciones de montaje, desmontaje, fabricación, terminación, manufactura, empaquetado, reparación o procesamiento que no esté clasificado como destino peligroso Grupo H o almacenamiento Grupo S.

Acero, aeronaves (fabricación, no incluye reparación), alfombras y tapetes (incluye su limpieza), artefactos, artículos ópticos, automóviles y otros vehículos motorizados, bebidas con contenido de alcohol por encima del 16%, bicicletas, cámaras y equipo fotográfico carpintería (marcos y puertas), desinfectantes, ebanistería (gabinete), electrónicos, embarcaciones, equipo deportivo, escobas y cepillos, establecimientos de procesamiento de alimentos y cocinas comerciales no asociadas con restaurantes, cafeterías y comedores similares de más de 232 m², filmación de películas y televisión (sin espectadores), impresión o publicación, incineración de basura, instalaciones de tratamiento de aguas residuales, instrumentos musicales, jabones y detergentes, lavanderías, lavado en seco y teñido, lona o telas similares, madera; destilación, máquinas de negocios, maquinaria de construcción y agrícola, maquinarias, metales, motores (incluyendo su reconstrucción), muebles, panaderías, película fotográfica, plantas de generación eléctrica, producción de papel o productos de papel, productos de cáñamo, productos de piel, productos de yute, productos plásticos, remolques, sistemas de almacenamiento de energía en edificaciones de uso específico, tabaco, tapicería, textiles, vehículos para recreación, vestuario y zapatos.

E. Alto Peligro (ver Sección 307): Grupos H-1, H-2, H-3, H-4 y H-5.

Un destino que almacene use o maneje materiales peligrosos como materiales inflamables, combustibles, explosivos, criogénicos, pólvoras, materiales inestables, oxidantes clase 2, peróxidos orgánicos clase II y III, materiales reactivos al agua, corrosivos, materiales sólidos inflamables o materiales tóxicos.

F. Institucional (ver Sección 308): Grupos I-1, I-2, I-3 y I-4.

El uso de una edificación o estructura, o una parte de esta, en la cual son cuidadas o viven en un entorno supervisado, personas que son incapaces de autoconservarse sin asistencia física

o que están detenidas con propósitos penales o correccionales o en la cual la libertad de los ocupantes está restringida.

Casas de rehabilitación, centros de alcohol y drogas, instalaciones de atención colectiva, instalaciones de rehabilitación social, instalaciones para alojamiento residencial y de cuidado, instalaciones para vivienda asistida, viviendas agrupadas, cárceles, centros correccionales, centros de detención, centros de preliberación, prisiones y reformatorios.

G. Mercantil (ver Sección 309): Grupo M.

El uso de una edificación o estructura o una porción de estas, para la exposición y venta de mercadería, e incluye depósitos de bienes, mercancías o mercaderías varias para tales propósitos y a las que el público tenga acceso. Los destinos mercantiles deben incluir, pero no estar limitados a los siguientes:

Almacenes para ventas por menor o mayor, cuartos de venta, farmacias, instalaciones para suministro de combustible, invernaderos de exposición y venta de plantas que tienen acceso al público, mercados y tiendas de departamentos.

H. Residencial (ver Sección 310): Grupos R-1, R-2, R-3 y R-4.

El uso de una edificación o estructura, o una porción de esta, para propósitos de descanso.

Casas de huéspedes (transitorios) con más de 10 ocupantes.

Hoteles (transitorios), moteles (transitorios), viviendas comunitarias (transitorios) con más de 10 ocupantes, casas apartamento, casas de huéspedes (no transitorio), conventos, fraternidades y clubes estudiantiles, hoteles (no transitorio), monasterios, moteles (no transitorio), propiedades de tiempo compartido para vacaciones, residencias para estudiantes, unidades de vivienda/trabajo, viviendas comunitarias (no transitorio) con más de 16 ocupantes, casas de alojamiento (transitorio) con cinco o menos habitaciones para huéspedes y 10 ocupantes o menos, casas de huéspedes (no transitorio), casas de huéspedes (transitorio), conventos, edificaciones que no contienen más de dos unidades de vivienda, fraternidades y clubes estudiantiles, instalaciones de cuidado que brindan alojamiento para cinco o menos personas recibiendo cuidado, monasterios, residencias para estudiantes, viviendas comunitarias (no transitorias) con 16 o menos ocupantes, viviendas comunitarias (transitorio) con 10 ocupantes o menos, casas de rehabilitación, centros de alcohol y drogas, instalaciones de cuidado colectivo, instalaciones de rehabilitación social, instalaciones para alojamiento residencial y de cuidado, instalaciones para vivienda asistida y viviendas agrupadas.

I. Almacenamiento (ver sección 311): Grupos S-1 y S-2.

El uso de una edificación o estructura, o una porción de esta, para el almacenamiento que no está clasificado como destino peligroso.

almacenamiento interior seco de azúcar, bambú y ratán, bebidas con un contenido de alcohol superior al 16%, bolsas; tela; arpilleria y papel, botas y zapatos, botones, incluyendo forrados en tela perla o hueso, canastas, cartón y cajas de cartón, cintos: lona y cuero, cordelería, cuernos y peines, distintos de celuloide, cuero, granos, grabado de fotos, hangares para aeronaves (almacenamiento y reparación), instalaciones de almacenamiento de autoservicio (mini almacenamiento), jabones, libros y papeles en rollo o paquetes, linóleo, llantas, almacenamiento a granel, madera, muebles, pegamento, mucilago, engrudos y cola, pieles, pisos resilientes, productos en aerosol, niveles 2 y 3, ropas, prendas de lana, sedas, tabaco, cigarros, cigarrillos, talleres de reparación de motores de vehículos que cumplan con las cantidades máximas permitidas de materiales peligrosos, tapicería y matricería, velas de cera, asbestos, baterías de celdas secas, bebidas hasta e incluyendo 16% de alcohol, bobinas eléctricas, botellas de vidrio, vacías o llenas con líquidos no combustibles, carnes, cemento en bolsas, comestibles congelados, comestibles en contenedores no combustibles, escritorios metálicos con superficies y molduras plásticas, espejos, estufas, frutas frescas y vegetales en bandejas o contenedores no plásticos, gabinetes metálicos, garajes de estacionamientos públicos, abiertos o cerrados, gises y crayolas, latas vacías, lavadoras y secadoras, marfil, metales, motores eléctricos, partes metálicas, pigmentos inertes, porcelana y alfarería, productos comestibles, productos lácteos en contenedores cubiertos con papel no encerados, tableros de yeso, talco y jabones, transformadores de distribución llenos con aceite y de otros tipos y vidrio.

J. Servicios y Misceláneas (ver Sección 312): Grupo U.

No clasificadas en ningún destino específico. También son llamadas circunstanciales.

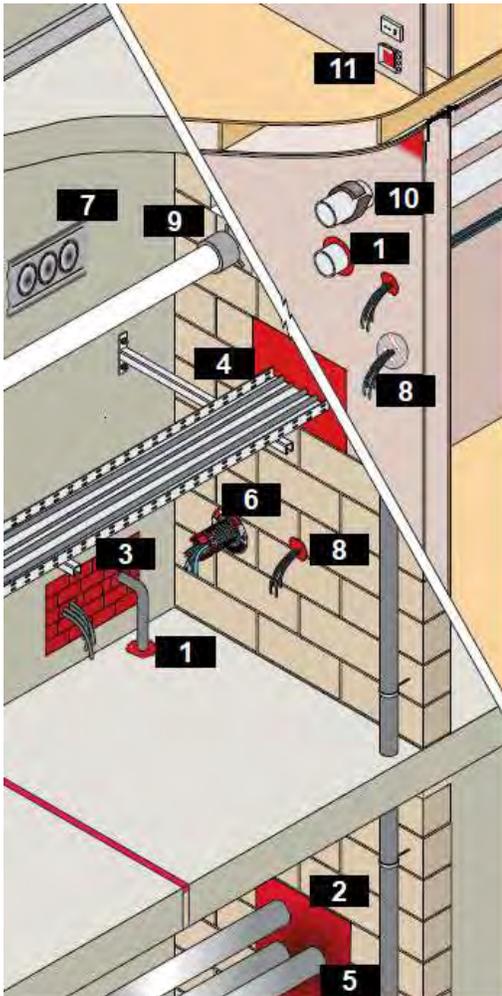
Cercas de más de 7 pies (2134 mm) de altura, cocheras, cobertizos, edificaciones agrícolas, establos, estructuras de equipo de comunicación con área de piso bruta de menos de 1,500 pies cuadrados (139 m²), garajes privados, graneros, muros de contención, refugios para animales, tanques y torres.



3. SELLOS EN PENETRACIONES

En prácticamente todos los edificios, los elementos resistentes al fuego y/o al humo están atravesados por tuberías, charolas de cables, conductos de ventilación, tuberías, cableado y canalizaciones para que los servicios del edificio puedan cumplir su función. Cuando se hace esto, se pierde la compartimentación, lo que constituye el punto de vulnerabilidad y estas aberturas pueden convertirse en una amenaza para la vida y la seguridad de la propiedad si no se sellan con sistemas cortafuego aprobados.

3.1. Penetraciones



1. Conduit metálicos o poliméricos
2. Múltiples tuberías metálicas
3. Múltiples tipos de elementos
4. Charolas o bandejas eléctricas
5. Múltiples tuberías poliméricas
6. Manojos de cables
7. Aberturas en blanco
8. Cables
9. Una sola tubería polimérica
10. Una sola tubería metálica
11. De membrana

Figura 14. Tipos de sellos en penetraciones

Estos si bien son los más comunes, existen otro tipo de penetraciones, tales como penetraciones de miembros estructurales y de sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado HVAC o conductores eléctricos.

3.2. Requisitos locales para sellos en penetraciones

La intención de este análisis no es poner en evidencia la falta o no consideración de requisitos o sistemas de seguridad, sino ser una guía de mejores prácticas actualizadas para el usuario, partiendo de la premisa de que los requisitos que establecen las regulaciones locales en estos países son considerados como “*mínimos*” y que en algunos de los casos no ayudan a alcanzar la reducción de riesgos o consecuencias por incendio.

Los requisitos respecto a la instalación de sistemas de compartimentación y el complemento a través de sellos cortafuego en los siguientes países, se describe como sigue:



En México, existen diferentes normas a tomar en cuenta, la NOM-002-STPS es una norma de carácter obligatorio que describe los requisitos de seguridad en los centros de trabajo, esta lleva varios años en revisión y su versión vigente menciona de forma superficial el uso de materiales resistentes al fuego para limitar el paso de fuego y humo a la ruta de evacuación, sin dar de forma detallada una guía de cómo lograrlo.

Por otro lado, México está conformado por 32 estados y cada uno de estos tiene su propio reglamento de construcción, con sus propias Normas Técnicas Complementarias. Sin embargo, la mayoría de los estados toman como base el reglamento y Normas de la Ciudad de México; estas Normas Técnicas Complementarias (NTC) de la Ciudad de México se ha actualizado.

Las NTC de Proyecto Arquitectónico ahora incluyen requisitos referentes a los elementos divisorios verticales (muros) y horizontales (entrepisos), los cuales deberán tener recubrimientos a fin de tener la resistencia al fuego indicada, considerando como resistencia al fuego, que los elementos están protegidos para mantener su integridad y el aislamiento de la temperatura.

Luego entonces, cuando un elemento de separación vertical u horizontal de la edificación (muros y entrepisos) requieran tener resistencia al fuego para mantener el aislamiento y/o la integridad, y sea perforado, por ejemplo, para el paso de instalaciones, deberá ser sellado con un sistema de sellos que mantenga el aislamiento y/o integridad del elemento, al menos por el tiempo de resistencia del elemento.

Finalmente, la norma para instalaciones eléctricas NOM-001-SEDE-2012, la cual en su mayor parte se basa en la NFPA 70, hace menciones superficiales sobre requisitos para evitar la propagación del fuego o de los productos de la combustión a través de las instalaciones eléctricas en espacios vacíos, ductos verticales y ductos de ventilación o de manejo de aire, los cuales deben diseñarse o instalarse de modo que la posible propagación de fuego o de productos de la combustión no sea incrementada substancialmente, es decir, donde las

aberturas alrededor de los elementos eléctricos que pasan a través de paredes, tabiques, pisos o techos resistentes al fuego, sean protegidas contra el fuego por métodos adecuados.



Chile

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC) es de carácter obligatorio y los requisitos enunciados respecto a compartimentación están categorizados de acuerdo con el tipo y el número de pisos del edificio, dando una categorización de resistencia al fuego que va desde los 15 minutos a los 180 minutos.

Esta resistencia según se menciona, depende del tipo de elemento a proteger. Sin embargo, a pesar de mencionar elementos de resistencia al fuego, no se describe forma clara cuales son las recomendaciones cuando estos elementos son penetrados o no tienen continuidad en su vertical o en su horizontal.

Por otro lado, el código eléctrico NCh 4, menciona que cuando los muros cortafuego sean atravesados, deben utilizarse aisladores pasamuros o un sistema de canalización que cuente con sistemas de cortafuego adecuados.



Perú

En Perú, la sección A.130 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) menciona que cuando se requieran instalar selladores cortafuego, deberá presentarse un proyecto específico para tal fin, indicando los tipos, formas y materiales que atraviesan el cerramiento cortafuego. Este punto de vista da al usuario una idea de la necesidad de contar con sistemas de protección pasiva cortafuego. Sin embargo, en la práctica se desconoce que los sellos forman parte del muro cortafuego. Poniendo en vulnerabilidad las resistencias al fuego diseñadas.

Caso contrario, el Código Nacional de Electricidad, menciona que cuando se atraviesen tabiques anti-fuego, paredes, pisos o techos, resistentes al fuego, cualquier abertura alrededor de las canalizaciones, conductores o cables eléctricos, debe ser cerrada o sellada por medio de métodos cortafuego o anti-fuego adecuados, para mantener la clasificación de resistencia contra el fuego.



Colombia

La Norma Sismo Resistente NSR 10 de carácter obligatorio, en su capítulo J solicita que las áreas mayores a 1,000 m² sean divididas a través de muros cortafuego, mencionando que estos muros podrán tener aberturas para dar continuidad a circulaciones horizontales, siempre y cuando se tenga un sistema de cierre hermético contra el paso de humo y que asegure una hora de resistencia al fuego.

Adicionalmente, se hace mención de que cuando existan penetraciones para cables, bandejas de cables, conductos para cables, tuberías, tubos, ventilaciones de combustión y respiración,

conductores eléctricos y elementos similares que atraviesan muros y pisos, deberán rellenarse con materiales cortafuego.



Argentina

En 1972 se emitió la Ley 19.587, la cual habla de higiene y seguridad. Esta ley menciona que debe existir un control de propagación horizontal y vertical, dividiendo el sector de incendio de acuerdo con el riesgo y al área en cuestión, ésta debe estar aislada a través de muros cortafuego y las aberturas deben cerrarse a través de puertas cortafuego. Así mismo, cuando sea necesario instalar tuberías, conductos u otros elementos, se debe tener en cuenta el impedir el paso de fuego de un ambiente a otro.

Por otro lado, el Código de Edificación de Buenos Aires si bien enuncia las condiciones de seguridad necesarias e incluye la protección pasiva como parte de los componentes esenciales, no proporciona una indicación de cómo lograr esta compartimentación cuando los muros cortafuego son penetrados o perforados.

Para los siguientes países se harán un análisis conjunto al estar basados en el código de Seguridad Humana, NFPA 101.



Panamá



Ecuador



Uruguay



Costa Rica



República Dominicana

En Panamá, dentro de los procedimientos de revisión de proyectos del cuerpo de bomberos, se menciona que las normas de la National Fire Protection Association (NFPA) se deben cumplir como parte del código de seguridad.

Por otro lado, el Código Nacional de Edificación en Ecuador menciona una adopción de varias normas NFPA, entre ellas el Código de Seguridad Humana (NFPA 101), específicamente su capítulo 6.

Uruguay, a su vez toma como referencia el mismo código, mencionando que los muros cortafuego son membranas continuas o discontinuas formadas por aberturas protegidas con una clasificación específica de protección contra el fuego, que están diseñadas y construidas con una determinada clasificación de resistencia al fuego, para limitar la expansión del fuego y para restringir, asimismo, el movimiento del humo. Además de definir cómo es que se realiza la compartimentación horizontal y vertical.

En Costa Rica, el Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios se menciona que las penetraciones para cables, bandejas de cables, conductos para cables, tuberías, tubos, ventilaciones de combustión y ventilaciones de respiración, conductores eléctricos y elementos similares para alojar sistemas eléctricos, mecánicos, de plomería y de comunicaciones que atraviesan un muro, un piso o un conjunto de montaje de piso/cielo raso construidos como una barrera cortafuego, deben estar protegidas por un sistema o dispositivo de sello cortafuego.

Finalmente, el Reglamento para la Seguridad y Protección contra incendios, R-032 de República Dominicana, recomienda compartimentar o subdividir en varias secciones los edificios de acuerdo con su ocupación, para evitar la propagación del fuego y para permitir la evacuación de sus ocupantes, en caso de incendio o emergencia. La compartimentación debe lograrse a través de elementos y materiales a prueba de fuego, de 2 horas mínimo y sellados desde el piso hasta el techo, para que el humo no pase de un lado a otro.

Dentro de la norma NFPA 101, se menciona que, para penetraciones de cables, bandejas de cables, conductos, tuberías, tubos, rejillas de combustión y escape, cables y elementos similares para alojar instalaciones eléctricas, mecánicas, de plomería y de comunicaciones, que atraviesen un muro, deberán protegerse con un sistema o dispositivo cortafuego.

Además de dar tiempos específicos de resistencia al fuego, se dan los tipos de penetraciones a sellar, como son:

- Compuertas (dampers)
- Penetraciones con espacio anular entre el material base: Cables, bandejas eléctricas, conductos, tuberías, elementos estructurales, ductos, rejillas de combustión y de escape, sistemas eléctricos, mecánicos, de plomería y de comunicaciones que atraviesan un muro o entrepiso.
- Membranas: cajas de salida y accesorios que penetren un solo lado de un muro o entrepiso.

Los códigos, normas y reglamentos desarrollados pueden dejar a criterio del diseñador, contratista o inspector los detalles sobre cómo realizar una compartimentación efectiva, es por eso por lo que es preferible consultar una guía completa que ofrezca una educación sobre los requisitos de sellado de dichos criterios.

Para ello, se exponen a continuación los criterios del International Building Code (IBC) a fin de proveer un procedimiento explicativo completo que detalle cómo es que se deben realizar el diseño.

3.3. Requisitos del IBC para sellos en penetraciones

Cuando se trata de penetraciones, quizás lo mejor a tener en mente es que no hay un único elemento que funcione para todas las situaciones. Los sellos en penetraciones dependen de:

- El tipo y la clasificación del conjunto o sistema con clasificación de resistencia al fuego
- El tipo, tamaño y material del penetrante
- El tipo y grosor de cualquier aislamiento utilizado en el penetrante
- El tipo y espesor del material de cualquier manguito o tubo utilizado en el montaje
- Cualquier recubrimiento sobre el penetrante.
- El tamaño y la configuración de la abertura
- El espacio anular entre el penetrante y la periferia de la abertura
- El tipo de material o materiales cortafuego utilizados en el sistema de penetración

Los sistemas también varían entre diferentes fabricantes y dentro de cada línea de productos. Por lo tanto, los diseñadores, contratistas, instaladores e inspectores deben evitar asumir que todos los sistemas son iguales o que se instalan de manera similar. También deben evitar la tendencia a limitarse a comprobar que los agujeros estén rellenos o que el material ignífugo es de un color específico.

Los diseñadores pueden mejorar la probabilidad de cumplimiento, proporcionando un cronograma de instalación de sistemas cortafuego similar al cronograma general de la obra. En muchas situaciones, el cronograma de sistemas cortafuego se hace en un alcance diferente de proyecto y esto causa discontinuidad en el proceso de diseño e instalación. Con este cronograma, los instaladores e inspectores pueden seguir los planos aprobados y saber exactamente qué sistemas cortafuego o método de protección se instalará en cada penetración.

La sección 714 del IBC aborda los requisitos específicos para mantener la integridad de los ensamblajes donde se producen penetraciones. Los requisitos de esta sección dependen del tipo de elemento penetrante, el tipo de ensamblaje que se penetra y si la penetración pasa completamente a través del conjunto o a través de una membrana. También es importante tener en cuenta que los requisitos de la Sección 714.5 se aplican también a los ensamblajes horizontales no resistentes al fuego, ya que las aberturas que los atraviesan también pueden provocar la propagación del fuego, humo u otros gases calientes a otras plantas o niveles de un edificio.

El IBC tiende a considerar los conjuntos horizontales como una forma de compartimentar un edificio. Proteger las penetraciones incluso en un ensamblaje no resistente al fuego ayudará a reducir la probabilidad de que un incendio se propague a otros niveles.

Aunque los requisitos para la protección de las penetraciones variarán en función del tipo de conjunto penetrado y del tipo de penetrante, la intención de todas las disposiciones es esencialmente la misma: restaurar el conjunto resistente al fuego a su condición original de resistencia, para que la penetración no reduzca la clasificación del conjunto.

La sección 714 contiene cuatro partes principales tipos de penetraciones, las cuales se enuncian a continuación:

- Muros con clasificación de resistencia al fuego - Sección 714.4
- Conjuntos horizontales resistentes al fuego - Sección 714.5
- Conjuntos horizontales no resistentes al fuego - Sección 714.6
- Barreras corta humo - Sección 714.5.4

Los conjuntos resistentes al fuego se ensayan mediante la prueba ASTM E 119 o UL 263 con el fin de evaluar su capacidad para contener un incendio, mantener su capacidad estructural o para hacer ambas cosas durante el período de tiempo en el que están clasificados. Estas dos pruebas también miden y evalúan la transferencia de calor a través de los elementos del edificio para ayudar a garantizar que el conjunto puede servir a su propósito previsto.

Ahora, antes de pasar a la aplicación del cortafuego y a los detalles, es recomendable una familiarización con la terminología común utilizada en este capítulo y en esta guía.

3.3.1. Espacio anular

La abertura alrededor del elemento penetrante. Se trata esencialmente el espacio entre el elemento penetrante y el material de construcción base circundante del conjunto resistente al fuego y/o resistente al humo que atraviesa la penetración. Este espacio anular ofrece una vía para que las flamas, el humo o los gases calientes se propaguen hacia o a través del conjunto clasificado.

El espacio anular suele rellenarse con un material cortafuego o cubrirse con un dispositivo para proteger la abertura. Al proteger las penetraciones, es importante comprender las limitaciones del espacio anular especificadas en los sistemas probados y listados publicados por terceros. Cada sistema especificará el espacio anular requerido, y cómo se permite instalar el penetrante dentro de la abertura.

Muchos sistemas incluyen dimensiones mínimas y máximas para el espacio anular. Las siguientes figuras muestran ejemplos de cómo el espacio anular puede variar dependiendo de la colocación de la penetración dentro de la abertura.



Figura 15. Espacio anular

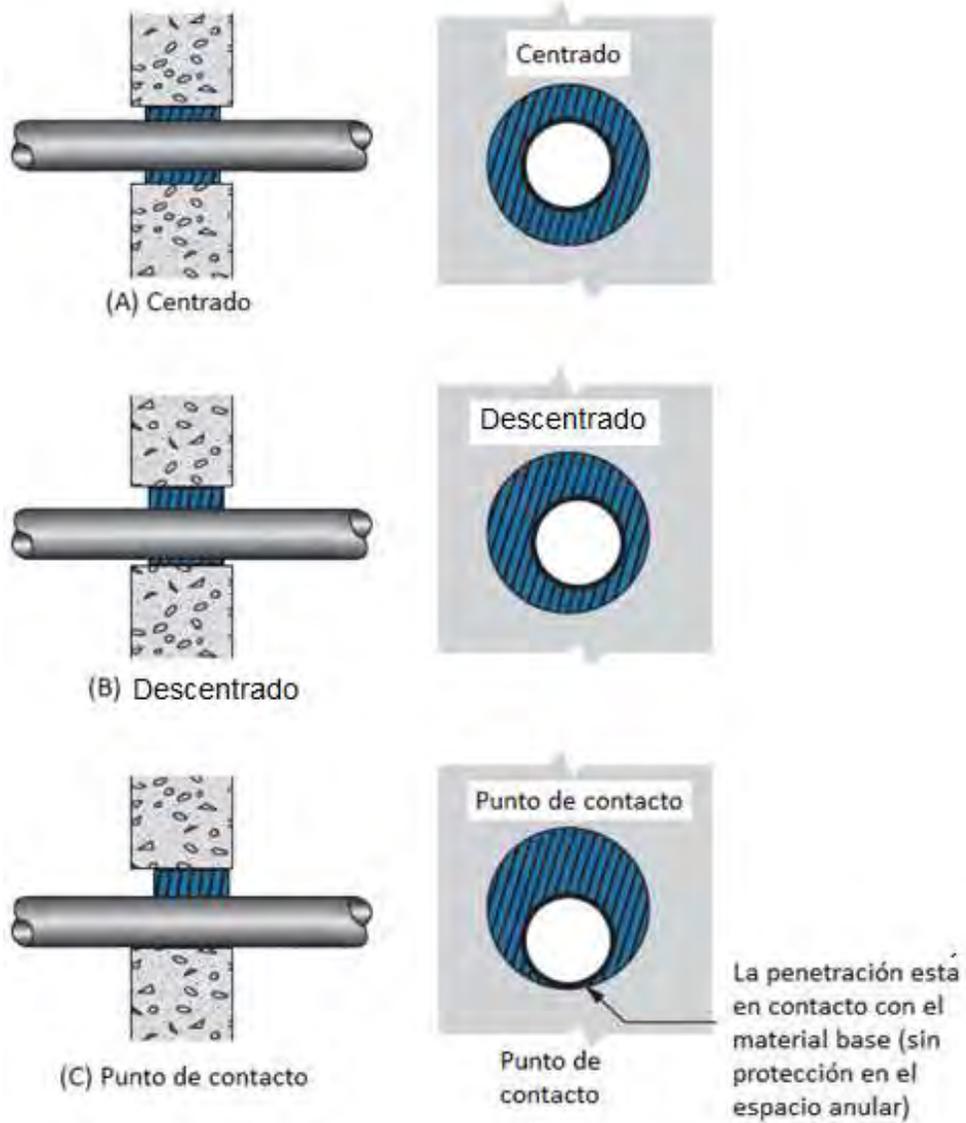


Figura 16. Máximo espacio anular determinado por ensayos y listados

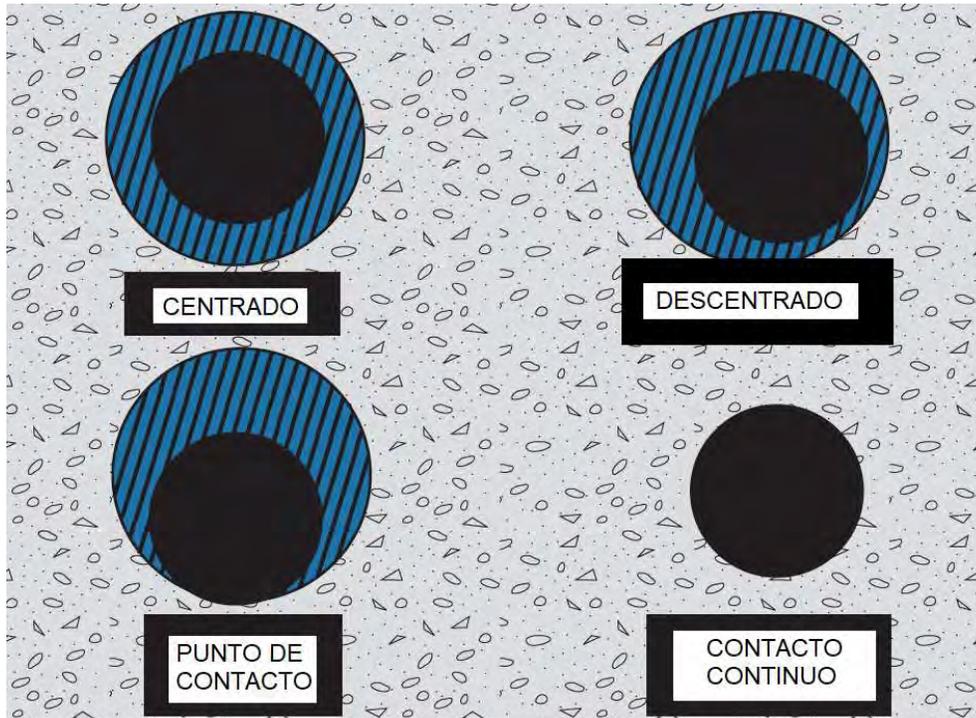


Figura 17. Ejemplos de diferentes posiciones de los elementos penetrantes

Dado que los elementos penetrantes a menudo se sitúan descentrados dentro de una abertura, es importante que el espacio anular mínimo para la penetración instalada no sea inferior al espacio anular mínimo requerido por el sistema ensayado, y que el espacio anular máximo para la penetración instalada no sea mayor que el espacio anular máximo permitido por el sistema ensayado.

La figura 18 ilustra los espacios anulares mínimo y máximo en una penetración instalada. El tamaño del espacio anular no es la única cuestión que se aborda en el listado. Cada sistema especificará si penetrante debe estar centrado, puede estar desplazado, puede tener un punto de contacto o es continuo.

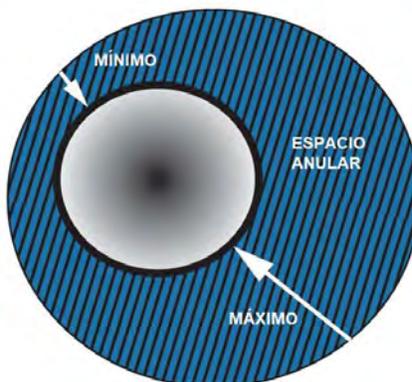


Figura 18. Medición del espacio anular mínimo y máximo alrededor del elemento penetrante

3.3.2. Cortafuego de penetración

Término general utilizado para designar los materiales o dispositivos utilizados para proteger las penetraciones. La definición del IBC indica que el término incluye tanto un cortafuego de penetración como un cortafuego de penetración de membrana. En los códigos locales de los países en análisis a excepción de los que se basan en NFPA, sólo se habla del tipo “penetración”, el tipo “membrana” aún no son incluidas.

3.3.3. Penetración de membrana

De acuerdo con el IBC en su sección 714.4.2, es un espacio en un lado de piso o techo para acomodar un elemento instalado o que pasa a través del conjunto. La figura 19 muestra un ejemplo de penetración de membrana de un arreglo de muro y las diferencias entre la penetración de la membrana, la penetración del sistema de membrana.

3.3.4. Sistema cortafuego de penetración de membrana

Todo lo que interviene en proteger la penetración de membrana y resistir la propagación del fuego de un lado a otro. Esto incluye, muro o el conjunto horizontal resistente al fuego, el elemento que penetra el conjunto y los materiales/dispositivos que se instalan para cerrar y proteger la penetración (véase la figura 19).

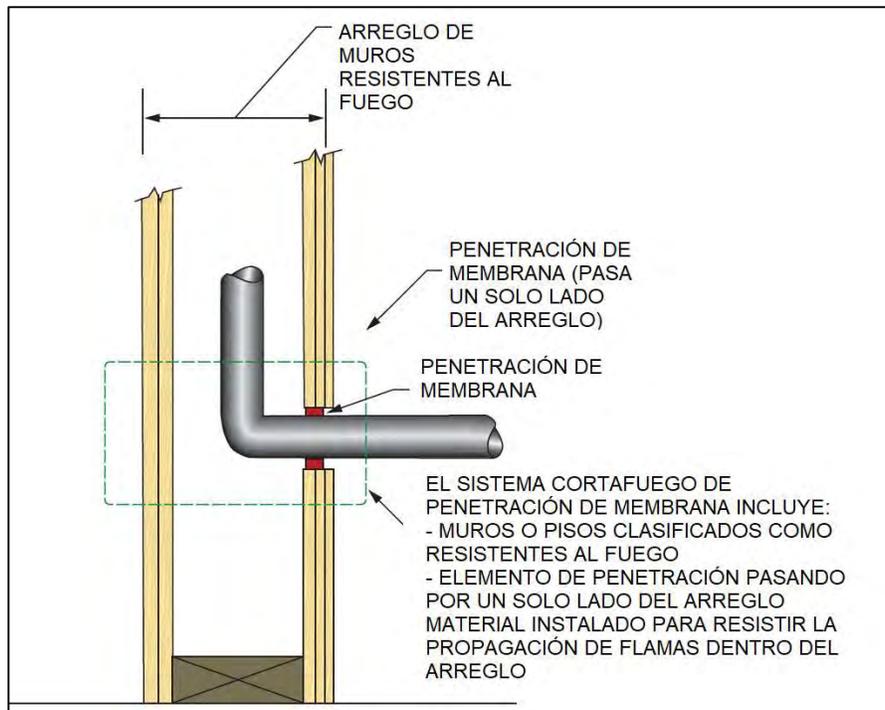


Figura 19. Sistema cortafuego de penetración de membrana

3.3.5. Penetraciones totales

De acuerdo con el IBC en su sección 714.4.1, es un espacio en ambos lados del piso, techo o muro para dar cabida a un elemento que pasa a través de este. La figura 20 muestra un ejemplo de una penetración total, la diferencia entre la penetración de membrana es que en este caso atraviesa completamente a través del conjunto. Este tipo de penetración se incluye en los códigos de construcción, normas y reglamentos de los países bajo análisis.

3.3.6. Sistema cortafuego de penetraciones totales

Todo lo que interviene en protección de la penetración y la resistencia a la propagación del fuego de un lado a otro. Esto incluye el muro o piso original resistente al fuego, el elemento penetrante que atraviesa completamente a través del conjunto y los materiales/dispositivos instalados para cerrar y proteger la penetración (véase la figura 20).

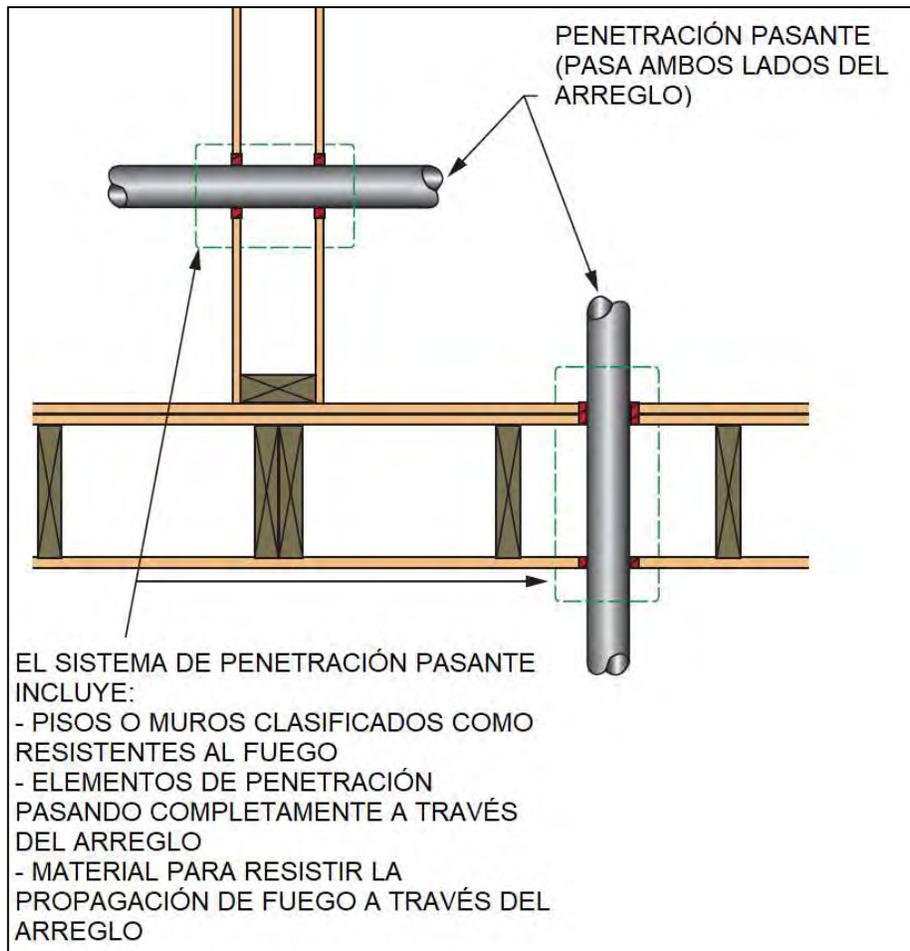


Figura 20. Sistema cortafuego de penetración pasante

3.4. Criterios de falla

3.5. Clasificación F, FR (Fire Rating)

El período de tiempo en minutos u horas, durante el cual el sistema cortafuego de penetración limita la propagación de las flamas a través de la penetración cuando se ensaya de acuerdo con ASTM E 814 o UL 1479.

Para obtener una clasificación **FR** el sistema cortafuego también debe mantener su integridad mecánica, evaluada mediante un ensayo de chorro de manguera. Véase la figura 21 para ilustrar la diferencia entre una clasificación **FR** y una clasificación **TR**.

3.5.1. Clasificación T, TR (Temperature Rating)

El período de tiempo durante el cual el sistema cortafuego de penetración limita la propagación de las flamas a través de la penetración y limita el aumento de temperatura en el lado no expuesto al fuego del sistema, incluyendo la del elemento penetrante, a un máximo de 163°C (325°F) por encima de su temperatura inicial cuando se prueba de acuerdo con ASTM E 814 o UL 1479.

Para obtener una clasificación **TR**, el sistema cortafuego también debe mantener su integridad mecánica, evaluada mediante un ensayo de chorro de manguera.

La clasificación **TR** se mide en minutos u horas.

Las limitaciones de aumento de temperatura coinciden con el de temperatura individual de los ensayos ASTM E 119 y UL 263, que se utilizan para determinar la clasificación de resistencia al fuego del muro y piso o del conjunto horizontal de suelo o techo. Al imponer el ensayo de clasificación **TR**, las mismas limitaciones de aumento máximo de temperatura, al muro o el conjunto horizontal resistente al fuego a su estado original, ha demostrado que la penetración no reduce la capacidad del conjunto original para detener la propagación del fuego. Obtener una calificación **TR** es más difícil que obtener una calificación **FR**. Esto se debe a que la clasificación **TR** indica que el sistema cortafuego no sólo es capaz de detener el paso de las flamas a través del conjunto en la penetración, como una clasificación **FR**, sino que también limita la transferencia de calor al lado no expuesto del conjunto.

El requisito de ensayo para la clasificación **TR** implica la colocación de un número de termopares en la cara no expuesta del conjunto.

Los termopares se colocan en la parte posterior del elemento penetrante, en el material cortafuego y en el conjunto de muro o piso.

La clasificación **TR** se mide como la cantidad de tiempo que tarda cualquiera de los termopares del lado no expuesto en superar un aumento de temperatura de 163°C (325°F) por encima de su temperatura inicial. Por lo tanto, el **TR** es una indicación del tiempo que todas las superficies no expuestas permanecen por debajo de los límites de aumento de temperatura.

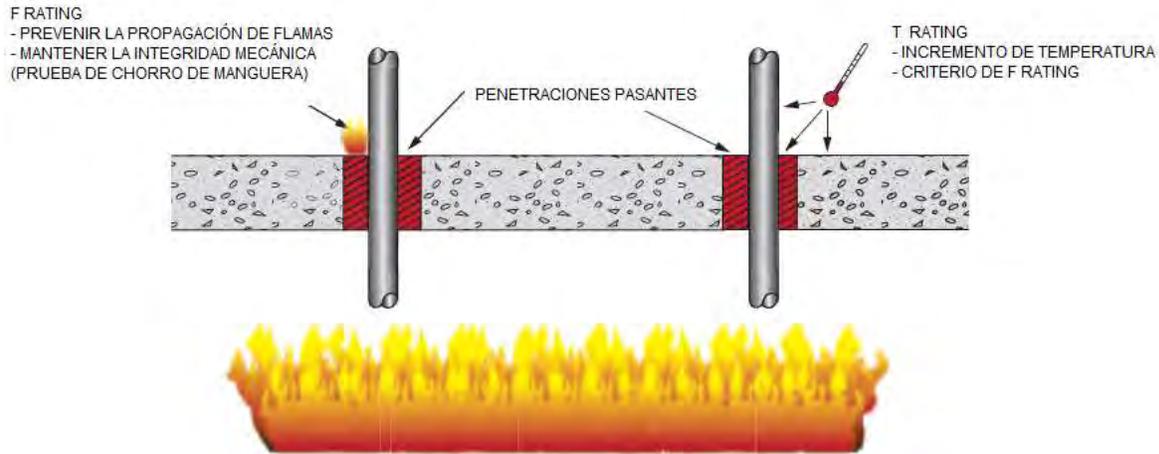


Figura 21. F Rating y T Rating

3.5.2. Clasificación W (Water Leak Rating)

Aunque actualmente el IBC no lo exige, es importante conocer este término, ya que algunos sistemas cortafuego indican que están listados con una clasificación **W**.

La clasificación **W** es una clasificación de fuga de agua utilizada para demostrar que un sistema cortafuego no tendrá fugas de agua a través del sistema y mantendrá su comportamiento frente al fuego tras una exposición accidental al agua.

La evaluación de fugas de agua se realiza utilizando una columna de agua de 3 pies durante 72 horas. La clasificación **W** se considera generalmente de "aptitud para el uso"

El uso de un sistema con clasificación **W** proporciona al propietario del edificio y a sus representantes la seguridad de que el agua no atravesará el sistema cortafuego y dañará el suelo subyacente, sino que el sistema seguirá cumpliendo su función de proteger la penetración en caso de incendio. La clasificación **W** no es exigida actualmente por el IBC, cualquier sistema que tenga esta clasificación se pensará tomando en cuenta las posibles exposiciones a estos ambientes y de este modo evitar su degradación en el tiempo.

3.5.3. Clasificación M (Movement Rating)

Actualmente no es requerido por el IBC, algunos sistemas cortafuego indican que están listados con una clasificación **M**.

Evalúa la capacidad de movimiento de las penetraciones, como las tuberías y los cables que pasan a través de conjuntos clasificados. Se trata de una lista de sistemas cortafuego que los diseñadores, arquitectos, ingenieros y contratistas pueden utilizar cuando se prevean movimientos de elementos pasantes.

Los sistemas se ensayan en dos direcciones, la dirección Z, que es paralela al penetrante, y la dirección Y, que es perpendicular al penetrante.

Se realiza un seguimiento de cada ciclo y de la distancia que se alcanza una capacidad de movimiento máxima. A continuación, el sistema se somete a la prueba de fuego, para garantizar que el sistema cortafuego funcionará según lo previsto en caso de incendio, incluso después de haber sido sometido a movimiento.

Si se alcanzan las clasificaciones de fuego deseadas durante la prueba de quemado, el sistema puede certificarse para una clasificación **M**, así como para una clasificación de fuego **FR**.

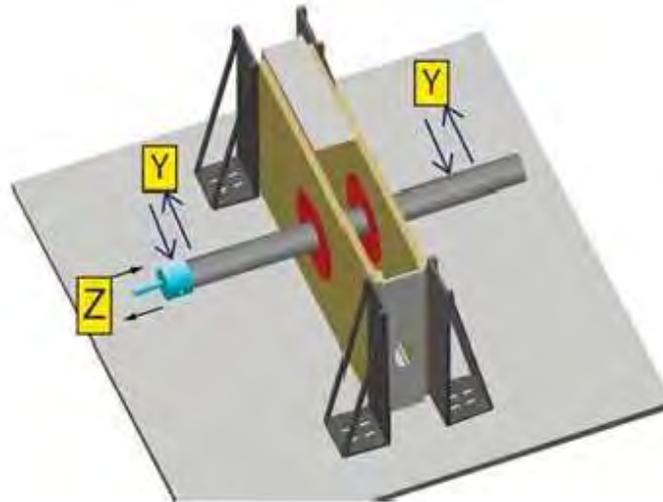


Figura 22. M Rating

3.5.4. Clasificación L, LR (Leak Rating)

La clasificación de fuga de aire es utilizada para medir y limitar el flujo de aire y la fuga de humo a través de un sistema cortafuego. La clasificación **LR** proporciona una indicación cuantitativa de la capacidad del sistema cortafuego de penetraciones totales para resistir el paso del humo.

Sólo las penetraciones y juntas en barreras corta humo (secciones 714.3, 714.4.4 y 715.6) deben tener una clasificación **LR** y cumplir con los límites del código. Aunque las disposiciones para proteger las penetraciones en el IBC se incluyeron desde su primera edición, el concepto de **LR** se incluyó por primera vez en la edición de 2006. Por lo tanto, los edificios construidos según los códigos anteriores no habrían tenido en consideración la clasificación **LR**. Sin embargo, algunos sistemas cortafuego de penetración instalados en su interior pueden haber sido provistos de este nivel de protección. La clasificación **LR** se mide en $m^3\text{-min}/m^2$ ($ft^3\text{-min}/ft^2$).

Los requisitos de clasificación **LR** en los códigos, normas y reglamentos de construcción locales en Latinoamérica, no se han incluido, a excepción de los que consideran NFPA 101 como parte de su código de seguridad o protección contra incendios.

3.6. Materiales de relleno

3.6.1. Fibra mineral

Aislamiento compuesto principalmente de fibras fabricadas de roca, escoria o vidrio, con o sin aglutinantes. La fibra mineral se utiliza comúnmente para el aislamiento de tuberías o como material ignífugo.

3.6.2. Lana mineral

Aislamiento de fibra vítrea sintética fabricado por fusión de rocas ígneas o escorias de horno, u otros materiales inorgánicos. La fusión de estos materiales se transforma físicamente en fibras. En muchos sistemas cortafuego, la lana mineral se utiliza como material de relleno para permitir la colocación de un espesor específico de material cortafuego y también se utiliza para rellenar huecos en espacios de juntas para lograr la resistencia térmica necesaria en los sistemas de juntas.

Tenga en cuenta que los materiales hechos de fibra de vidrio no están clasificados como "lana mineral" la fibra de vidrio no pueden sustituir a la lana mineral en los sistemas cortafuego. La forma en que los sistemas cortafuego desempeñen sus funciones dependerá de los tipos de materiales utilizados y de la finalidad prevista del sistema.

Los sistemas realizarán sus funciones requeridas como resultado de las propiedades de resistencia al fuego de los materiales, en combinación con su correcta instalación. Así, estos sistemas pueden impedir el paso de flamas o incrementos de temperaturas a través de las penetraciones del sistema resistente al fuego.



Figura 23. Lana mineral

3.7. Propiedades de materiales cortafuego

3.7.1. Intumescencia

Propiedad de un material de aumentar de volumen al exponerse al calor. Esta acción hace que el cortafuego llene la abertura, cuando es requerido. Los productos intumescentes típicos comienzan a hincharse entre 150 y 180°C y alcanzan su expansión total entre 350 y 400°C antes de endurecerse y convertirse en un material rígido. La capa de carbonización rígida, formada al final de la reacción de intumescencia, aísla e impide el paso de las flamas a través de la penetración.

Algunas formulaciones de materiales intumescentes también causarán una presión significativa al expandirse. Esta presión puede ser útil en aplicaciones como el sellado contra incendios de tuberías poliméricas, donde la presión, puede comprimir y sellar la tubería reblandecida durante incendio.

Otras formulaciones intumescentes proporcionan una presión de intumescencia baja mientras se expanden, lo que haría que su selección y aplicación sea apropiada para aplicaciones en donde la presión no es crítica.

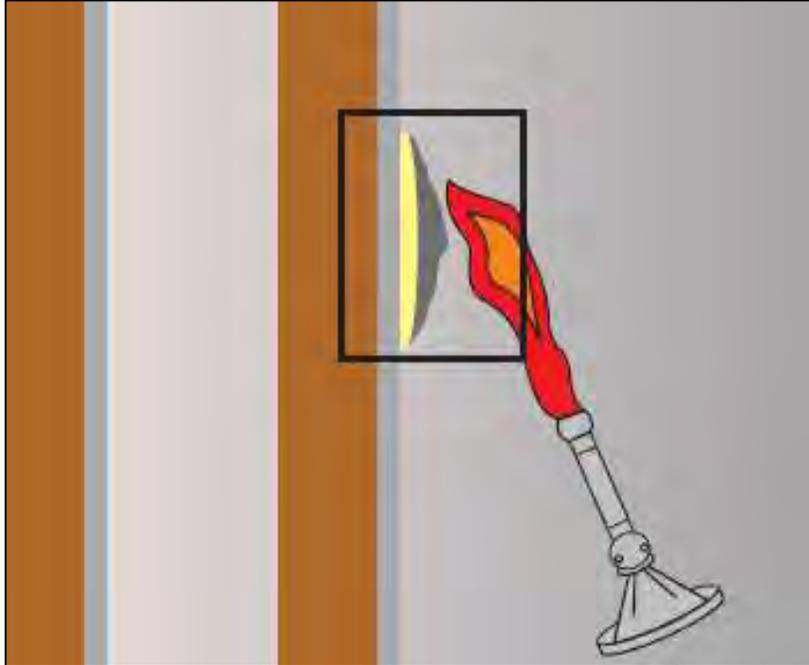


Figura 24. Intumescencia

3.7.2. Reacción endotérmica

Propiedad por la que un material absorbe el calor del fuego que al que se expone y utiliza ese calor para descomponerse. Un ejemplo típico es el yeso o el concreto, que contiene agua. Estas partículas de agua requieren una gran cantidad de calor para evaporarse, haciendo que se limite la transferencia de calor al lado no expuesto.

3.7.3. Reacción de ablatividad

Propiedad por la que un material resiste la transferencia de calor utilizando el calor de la reacción de combustión para erosionarse. El material, protege la cara no expuesta de un rápido aumento de temperatura hasta que se erosiona completamente.

3.7.4. Aislamiento

Propiedad por la que un material resiste la transferencia de calor como resultado de su baja conductividad térmica. Los materiales aislantes utilizados en los sistemas cortafuego deben ser estables a altas temperaturas para conservar sus propiedades cuando se exponen al fuego.

3.8. Mitos y malas prácticas

Mito: “La compartimentación se logra con muros cortafuego”

La compartimentación es un método por el cual los edificios se dividen en áreas individuales resistentes al fuego, de modo que la propagación del fuego y del humo pueda limitarse a un área individual y aislada de todas las demás áreas del edificio para que estas permanezcan libres de riesgo de incendio y humo.

Estos tamaños de compartimentos se diseñan siguiendo las disposiciones del código, norma o reglamento de construcción de cada país. Pero a menudo se tiene la creencia y práctica de que, al diseñar compartimentación, las puertas y las barreras contra incendios deben tener una clasificación para 1 hora, 2 horas, 3 horas o más; es decir, no se entienden que todos estos compartimentos tienen aberturas de penetración de servicios para dirigir cables eléctricos, bandejas de cables eléctricos, conductos, tuberías, etc. Cuando existen tales penetraciones, se convierten en la vía por la cual el fuego y el humo se propagan fuera del compartimento. Por lo tanto, cuando se diseña la compartimentación se deben considerar conjuntamente los siguientes sistemas:



Figura 25. Compartimentación

- Barrera o muros contra incendios
- Puerta cortafuego
- Sistemas de sellos cortafuego
- Compuertas (dampers) cortafuego

Mala práctica: “Todos los sistemas de sellos cortafuego se instalan igual”

Como ya se ha mencionado antes en este libro, cuando se trata de penetraciones, lo principal que se debe tener en mente es que no hay un único método o producto que funcione en todas y cada una de las situaciones. Sin embargo, hay un malentendido entre algunos de que, si un producto cortafuego puede funcionar para un tipo de penetrante, por ejemplo: tubería funcionará con otros tipos de penetrantes también (p. ej.: tuberías, cables eléctricos, etc.). Esto no es correcto.

Cada situación de penetración en un edificio puede ser diferente. La diferencia puede ser el penetrante, su tamaño, el tipo de muro, la variación del espacio anular, el tipo de cable, cables agrupados o no, etc. Puede haber “n” número de escenarios. Por lo tanto, se recomienda que cuando requiera diseñar uno de estos sistemas, visite los sitios web de terceros, como <https://productiq.ulprospector.com/en>, para revisar los detalles del certificado de ensayo.

Mito: “Resistencia al fuego (FR) y Corta humo (LR) son ambos Resistencia al fuego (FR)”

Las clasificaciones de resistencia al fuego se han considerado como clasificación **FR**, lo que es cierto en el mundo UL. Pero se suele confundir la clasificación de fuego con la de humo. Mientras que la clasificación **FR** es una clasificación de fuego, la clasificación de humo se evalúa mediante un procedimiento de ensayo diferente y se le otorga la clasificación **LR** después de aprobarse.

Por lo tanto, para la clasificación de fuego y humo, lo ideal es entenderla como una clasificación independiente:

- **FR** para el fuego
- **LR** para el humo.

Mala práctica: “Se puede hacer combinación de materiales”

En muchas ocasiones se considera que todos los productos cortafuego son iguales, aunque sean de diferentes fabricantes.

Las tecnologías desarrolladas por cada fabricante varían y como resultado de ello, las propiedades físicas y químicas de los materiales. Tener una combinación de estos puede poner el riesgo la resistencia del sistema cortafuego, ya que su comportamiento será diferente, adicional a no tener un ensayo que garantice su adecuado comportamiento ante el fuego.



Figura 26. Instalación incorrecta: combinación de productos cortafuego

Mito: “Las espumas de Poliuretano son materiales cortafuego”

Las espumas de poliuretano (PU) si bien tienen una clasificación bajo el estándar UL 723, no son consideradas materiales cortafuego al no considerar un análisis de todos los elementos de sistema cortafuego. Estas sólo evalúan la combustibilidad y generación de humos cuando son sometidas al fuego.

La clasificación que se asigna se refiere al avance de la flama en el tiempo y al nivel de obscuración que se genera al producir humos.

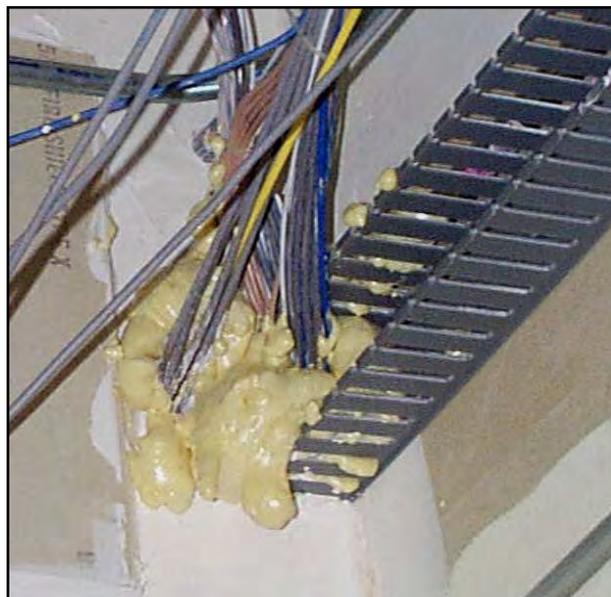


Figura 27. Uso de espumas de poliuretano. Las espumas de PU no son aprobadas para uso en sistemas cortafuego

ICC-ES

Para comprobar aún más la conformidad de los productos de construcción con el código IBC, también se pueden utilizar los Informes del Servicio de Evaluación ICC (ICC-ES). El IBC aborda materiales y métodos de construcción alternativos en la sección 104.11. El IBC no pretende prohibir ningún tipo de material o diseño que pueda desarrollarse. Por lo tanto, existen disposiciones para evaluar materiales y métodos de construcción nuevos e innovadores. El funcionario de la construcción revisa los diseños y productos alternativos para determinar si cumplen con el propósito y la intención del IBC y es al menos equivalente a calidad, resistencia y seguridad, solidez, eficacia, resistencia al fuego, durabilidad y seguridad.

El Servicio de Evaluación ICC (ICC-ES) se creó para ayudar al funcionario de la construcción en este proceso. El ICC-ES es una filial del International Code Council (miembro de la Familia de Soluciones ICC). Desarrolla criterios de aceptación para diferentes tipos de productos de construcción y evalúa los productos en función de los criterios de aceptación u otras normas nacionales para determinar si cumplen el propósito en cuestión.

Un informe de evaluación ICC-ES incluye información específica sobre el producto evaluado, y proporciona información sobre el fabricante, requisitos, detalles de instalación y condiciones específicas para la aprobación. El informe se emite por un período de tiempo específico y se renueva según sea necesario. También se aprueba en función de ediciones específicas del código. Dado que el código IBC se revisa cada 3 años, es importante que se utilice el informe actual para evaluar el producto para su uso en un proyecto. Los informes ICC-ES se conocen como ESR (Evaluation Service Reports) y están disponibles gratuitamente en el sitio web del ICC-ES en <https://icc-es.org/>.

3.9. Estándares de ensayo para sistemas cortafuego de penetración

Los estándares de ensayo se desarrollan con la intención de que se pueda homologar el procedimiento la prueba de laboratorio y de ahí conocer el comportamiento real de un sistema cortafuego específico, para que quede documentado y pueda utilizarse como una indicación de cómo un sistema puede ser instalado y esperar el mismo comportamiento desarrollado en laboratorio. Los estándares entonces indican si el comportamiento es aprobatorio o cual no lo es.

Existen diferentes estándares en el mundo y la diferencia en el procedimiento o criterios de aceptación entre estos puede hacer que se tengan diferentes calidades de productos aprobadas y aceptadas. Los estándares UL y ASTM regularmente son los que consideran criterios de aceptación más rigurosos por la cantidad de pruebas obligatorias, esto da como resultado que los sistemas lleguen a la falla mucho más fácilmente y, en consecuencia, hace que se incrementen los desarrollos tecnológicos por parte de los fabricantes que desean obtener una aprobación de estos estándares.

Por otro lado, el tener criterios de aceptación más flexibles en los estándares, hace que los sistemas lleguen a la falla en un mayor tiempo, ya que se dan permisiones que comprometen la seguridad del sistema a lo largo de la prueba y la falla es evaluada sólo hasta que es muy evidente. Esto hace que no exista un desarrollo tecnológico o una evaluación de la conformidad de la fabricación de dicho producto cortafuego a lo largo de tiempo.

En Latinoamérica, existen diferentes estándares (Tabla 3). Regularmente cuando existen entidades de normalización, los estándares desarrollados se basan en normas ISO o combinaciones de varios estándares.

Tabla 3. Estándares de ensayo para Sistemas de sellos en penetraciones

País	Estándar aceptado o desarrollado	Nombre	Base	Laboratorio local
México	NMX-C-307-2-ONNCE-2019	Industria de la construcción- edificaciones-resistencia al fuego de elementos y componentes-parte 2: sellos cortafuego en penetración	Combinación de: ISO 834-1:1999 ISO 10295-1:2007 UL 1479	No
Chile	NCh 935/3 UL 1479 ASTM E814 DIN	Resistencia al fuego- Parte 3 Sellos cortafuego	ISO 10295-1:2007 EN 1366-3	Si
Perú	No definido, pero indicado como sistemas listados UL			Sin Información
Colombia	UL 1479 ASTM E814	Ensayos de fuego de cortafuego de penetración	No aplica	No
Argentina	No definido			No
Panamá Ecuador Uruguay Costa Rica República Dominicana	UL 1479 ASTM E814	Ensayos de fuego de cortafuego de penetración	No aplica	No No No No No

En el IBC 2021, en la Sección 714.4. se requiere que las penetraciones pasantes estén protegidas de acuerdo con la Sección 714.4.1 (como parte del ensamblaje resistente al fuego) o Sección 714.4.1.2 (mediante un sistema cortafuego pasante, ensayado y listado según la norma ASTM E 814 o UL 1479). No obstante, la sección 714.4.2 incluye una excepción que permite dos métodos para penetraciones en lugar de un sistema ensayado de acuerdo con ASTM E 119 o UL 263 (véase el apartado 714.3.1.1), o ASTM E 814 o UL 1479. Esta excepción se limita a las tuberías, tubos o conductos de acero, hierro o cobre y se centra en la protección

del espacio anular. Además, la excepción se limita a las tuberías, tubos o conductos no combustibles mencionados y excluiría cualquier tipo de penetrantes combustibles como cables, cableado aislado, tuberías de plástico o elementos como conductos, chimeneas o respiraderos de equipos de combustión.

El IBC proporciona dos métodos básicos para evaluar el rendimiento de los sistemas cortafuego de penetración, estos son:

3.9.1. Comprobación como conjunto

Probar la penetración como parte de la prueba de fuego del sistema, se basa en los procedimientos de prueba y los criterios de aceptación de ASTM E 119 o UL 263. Para utilizar esta opción, el muro (o conjunto horizontal) y la penetración se ensayan como un único conjunto.

A continuación, si todo el conjunto sigue siendo capaz de cumplir los criterios de paso/no paso de flamas de ASTM E 119 o UL 263, la protección de la penetración es claramente adecuada y debe instalarse de la misma manera y cantidad cuando se construya en la obra.

Esta opción es bastante costosa, ya que un ensayo puede no ser exitoso debido a la presencia de una penetración fallida del sistema cortafuego. Por lo tanto, los ensamblajes de paredes y suelos normalmente ensayados al fuego sin ninguna abertura y luego los diseños para las penetraciones se prueban al fuego utilizando sus propias pruebas.

3.9.2. Comprobación como penetración

La segunda opción es probar la penetración y el cortafuego según las normas de ensayo ASTM E 814 o UL 1479. Esto proporciona un método para medir y evaluar el rendimiento de los sistemas cortafuego de penetración y utiliza la misma curva estándar tiempo-temperatura que la prueba de fuego ASTM E 119 o UL 263 y una prueba de chorro de manguera para evaluar el rendimiento mecánico del sistema cortafuego. La prueba expone el sistema cortafuego al fuego y a continuación se examina su resistencia al desarrollo de aberturas, la transmisión de flamas en la superficie no expuesta y la capacidad de limitar la transmisión térmica a través de la penetración. Basándose en su función de rendimiento, el cortafuego recibe dos clasificaciones (FR y TR) que reflejan el periodo de tiempo que el sistema sigue la exposición al fuego.

Las pruebas ASTM E 814 y UL 1479 (así como las pruebas ASTM E 119 y UL 263) incluyen una prueba de chorro de manguera. Este ensayo consiste en exponer el sistema cortafuego, al fuego del horno durante un período de tiempo prescrito y, a continuación, someterlo al enfriamiento, impacto y erosión de un chorro de agua.

Para superar la prueba del chorro de manguera, el sistema cortafuego debe permanecer estable y no desarrollar ningún espacio que permita que una proyección de agua se extienda más allá del lado no expuesto. La prueba del chorro de manguera ayuda a garantizar que los sistemas cortafuego permanecen en su lugar durante un incendio real, cuando suceden desplazamientos de elementos penetrantes, caída de escombros y otras fuerzas mecánicas.

La prueba de chorro de manguera no tiene como objetivo principal representar una aplicación de agua durante un incendio, sino para verificar que el sistema cortafuego tiene cierta capacidad para permanecer en su lugar cuando se expone a la presión o fuerzas externas que puedan producirse. Si el sistema cortafuego se ensaya según otra norma, es posible que no se haya evaluado mediante la prueba del chorro de manguera. Por este motivo, el proyectista, el instalador y el inspector deben garantizar que se siguen y utilizan las normas adecuadas para evaluar la idoneidad de un producto.

Hay varias clasificaciones que resultan de UL 1479, UL 2079, ASTM E 814, ASTM E 1966 y ASTM E 2307 realizadas en laboratorios como FM Approvals, UL, Intertek, Southwest Research y otros. Las pruebas determinan si la combinación de materiales del elemento penetrante, los espacios anulares del conjunto de suelo o muro y los materiales cortafuego, se comportan como un sistema cortafuego. Para lograr un sistema cortafuego aprobado, los materiales deben instalarse exactamente como se especifica en el sistema probado y listado.

Los materiales por sí solos no tienen clasificación. Es el conjunto de materiales, instalado según especificaciones exactas, lo que se convierte en un verdadero sistema cortafuego. Las pruebas establecerán varias clasificaciones y limitaciones de instalación. Las clasificaciones LR y W son pruebas opcionales que el fabricante puede solicitar. Los sistemas probados e incluidos en la lista no incluirán la clasificación LR o W a menos que se realicen y superen con éxito las pruebas opcionales adicionales.

Todos los elementos clave de cada diseño pasan a formar parte del listado. Las pruebas de resistencia al fuego de los sistemas cortafuego se realizan según múltiples estándares disponibles en todo el mundo.

La siguiente tabla describe las características clave de los estándares locales en Latinoamérica, ASTM, UL, EN y BS a la hora de realizar ensayos de resistencia al fuego para sistemas cortafuego.

Tabla 4. Análisis de estándares utilizados a nivel Latinoamérica

Lugar y año de emisión	Estándar	FR/ clasificación del sistema	TR Transmisión de calor	Prueba de chorro de manguera	Resistencia al paso de humo	Resistencia al agua
Estados Unidos	UL 1479	☑	☑	☑	☑	☑
2015/ 2017	ASTM E814	☑	☑	☑	☑	☑
Unión Europea	EN 1366-3	☑	☑	✗	✗	✗
2021						
Reino Unido	BS 476-20	☑	☑	✗	✗	✗
1987						
Internacional	ISO 10295-1	☑	☑	✗	✗	✗
2007						
México	NMX-C307-2-ONNCCE	☑	☑	✗	✗	✗
2019						
Chile	NCh 935/3	☑	☑	✗	✗	✗
2013						

Se considera que, Perú, Colombia, Argentina, Panamá, Ecuador, Costa Rica, Uruguay y República Dominicana, el estándar adoptado de acuerdo con las normas, códigos y reglamentos locales es UL 1479 y ASTM E814, ver tabla 3.

Es importante mencionar que cuando se diseñe, instale e inspeccione un sistema cortafuego, se tenga en cuenta cada componente y la selección se obtenga de la base de datos del listado de laboratorios de ensayo.

Para el caso de los sistemas UL, pueden seleccionarse en los siguientes enlaces:

- UL <https://iq.ulprospector.com/info/>
- ICC-ES www.icc-es.org
- <https://constructionplatform.hilti.com/>

3.10. Juicios de ingeniería

Los juicios de ingeniería o EJ¹³ y se especifican a título orientativo, dado que estas recomendaciones son extrapolaciones que se basan en diferentes diseños idénticos a los que se sometieron a pruebas de fuego, es importante que se desarrollen utilizando principios sólidos de ingeniería y buen juicio.

El proceso típico de selección de sistemas cortafuego debe comenzar con la búsqueda del sistema UL o de cualquier sistema acreditado probado lo más parecido a las condiciones en la obra.

En ausencia de aprobaciones iguales a las condiciones de la obra, se proporcionan recomendaciones de diseño de sistemas cortafuego que suelen hacerse para proponer métodos alternativos que garanticen que el rendimiento del sistema no se vea comprometido, las directrices para desarrollar Juicios de Ingeniería las establece el International Firestop Council (IFC).¹⁴

A continuación, se describen los pasos para realizar un Juicio de Ingeniería:

- **Paso 1** - Compruebe las medidas de la abertura.
- **Paso 2** - Comprobar las medidas de los elementos penetrantes.
- **Paso 3** - Comprobación cruzada en el directorio UL: si las dimensiones de la abertura y penetrantes son las mismas que en cualquiera de las UL.

Para una selección más sencilla, se puede utilizar el “Firestop Selector” como se muestra a continuación.

¹³ Por sus siglas en inglés Engineering judgment

¹⁴ <https://www.firestop.org/engineering-judgement-guidelines>

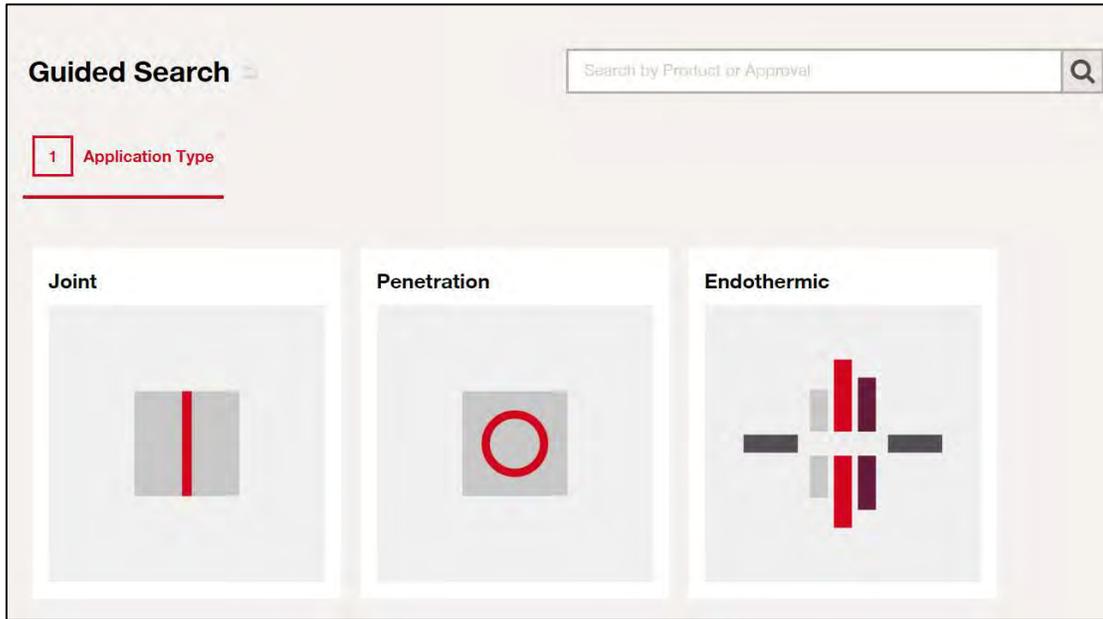


Figura 28. Firestop Submittal (<https://constructionplatform.hilti.com/>)

En caso de que no se disponga de la UL que se ajuste, el proveedor del cortafuego deberá elaborar un dictamen técnico basado en las condiciones de sitio y deberá rellenarse un formulario de dictamen de ingeniería y enviarse al experto en juicios de ingeniería.

Tenga en cuenta que un juicio de ingeniería debe ser preparado únicamente por una persona capacitada y autorizada por el fabricante de productos cortafuego, un ingeniero de protección contra incendios o un laboratorio de tercera parte.

¿Cuándo y por qué se usa un Juicio de ingeniería?

Cuando no existe ningún sistema probado que se ajuste exactamente a las condiciones de la aplicación del sitio.

Situaciones típicas:

- Espacio anular mayor o menor que el aprobado.
- Forma del orificio diferente a la ensayada
- Construcción del muro cortina no idéntica a la ensayada
- Más elementos penetrantes en la abertura de los que permite el sistema ensayado
- Acceso de instalación de un solo lado.
- Aberturas sobredimensionadas.
- Penetraciones de miembros estructurales
- Intersecciones de sistemas clasificados con sistemas no clasificados (por ejemplo, aberturas en losas colaborantes).

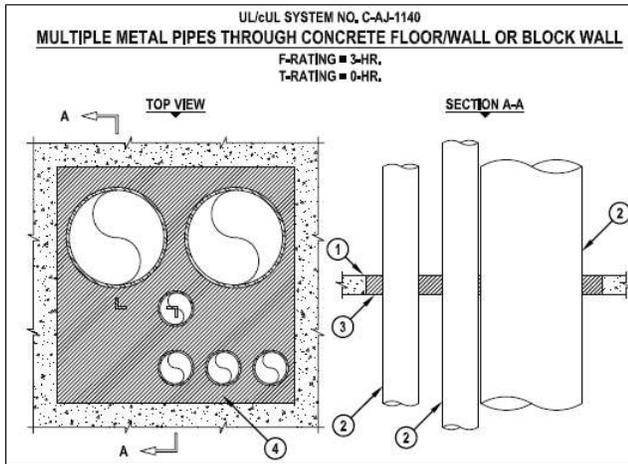


Figura 29. Ejemplo de sistema UL aprobado

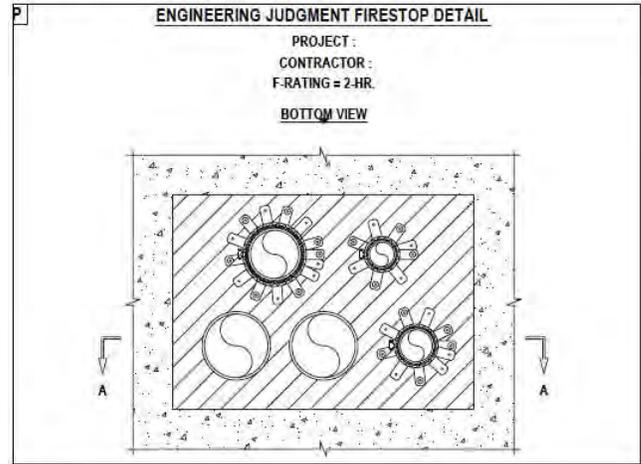


Figura 30. Ejemplo de juicio de ingeniería

3.11. Requisitos del IBC para aplicaciones donde no existen sistemas probados

De acuerdo con el punto 714.4.1.1, los sistemas con clasificación de resistencia al fuego. Las penetraciones totales deben estar protegidas mediante el uso de sistemas instalados según los probados en el sistema con clasificación de resistencia al fuego aprobado.

De acuerdo con el punto 104.11, los materiales, diseños, métodos de construcción y equipos alternativos. Las disposiciones de este código no intentan evitar la instalación de cualquier material o prohibir cualquier diseño o método de construcción no prescrito específicamente por este código, siempre que dicha alternativa se haya aprobado. Un material, diseño o método de construcción alternativo debe aprobarse donde el funcionario de la edificación encuentre que la alternativa propuesta cumpla todo lo siguiente:

1. El material, diseño o método de construcción alternativo es satisfactorio y cumple con la intención de las disposiciones de este código.
2. El material, método o trabajo ofrecido es, para el fin que se espera, no menor del equivalente al prescrito en este código en lo que se refiere a lo siguiente:
 - Calidad.
 - Resistencia.
 - Efectividad.
 - Resistencia al fuego.
 - Durabilidad.
 - Seguridad.

Cuando el material, diseño o método de construcción alternativo no está aprobado, el funcionario de la edificación debe responder por escrito, indicando las razones por las cuales la alternativa no se aprobó.

3.11.1. Directrices del International Firestop Council para la evaluación de juicios de ingeniería¹⁵

Los sistemas cortafuego impiden el paso del fuego, los gases calientes y el humo tóxicos a través de aberturas en paredes, pisos y techos; para penetraciones pasantes, penetraciones de membrana, juntas, espacios en blanco y conductos. Estos sistemas son requeridos por los códigos, normas y reglamentos y deben ser probados y calificados como parte de un sistema de conformidad con una norma de ensayo aprobada. A continuación, se indican algunas de ellas:

Tabla 5. Aplicaciones y estándares

Aplicación	Estándar de ensayo
Servicios de penetración (ej. tuberías, cables, ductos)	ASTM E814 / UL 1479
Sistemas de juntas	ASTM E1966 / UL 2079
Juntas perimetrales (ej. muro/piso o muro/muro)	ASTM E2307

3.11.2. Lineamientos revisados de Juicios de Ingeniería (octubre 2018)

Todos los elementos de un sistema cortafuego ensayado y clasificado, incluido el conjunto en el que se instala el sistema, constituyen una unidad de ingeniería específica e inseparable que debe utilizarse como tal. Los diseños de los sistemas cortafuego son ensayados y listados por agencias de ensayo independientes como Underwriters Laboratories, Inc., Underwriters Laboratories of Canada (ULC), ICC e Intertek. Los elementos específicos de cada diseño se convierten en parte integrante del listado.

Cuando las condiciones en sitio difieren del diseño original o surgen obstáculos imprevistos en la construcción y no se pueden rediseñar de forma fácil o rentable, se suelen hacer recomendaciones de diseño para proponer métodos alternativos que garanticen que el rendimiento del sistema cortafuego no se vea comprometido.

Los profesionales del sector de la construcción, las autoridades de edificación, las autoridades de incendios, los contratistas de sistemas cortafuego y otras partes interesadas necesitan

¹⁵ <https://www.firestop.org/engineering-judgement-guidelines>

directrices adecuadas para evaluar los sistemas cortafuego y utilizar tales juicios. Por ello, International Firestop Council ha desarrollado las Directrices Recomendadas para Evaluar Juicios de ingeniería (EJ) de sistemas cortafuego.

Los EJ para sistemas cortafuego deben:

- No utilizarse en lugar de sistemas ensayados cuando estén disponibles.
- Ser emitidos únicamente por personal técnico calificado del fabricante de cortafuego, en colaboración con el fabricante, el ingeniero profesional debe estar registrado como “ingeniero Profesional” o por una agencia de ensayos independiente que preste servicios de listado para sistemas cortafuego.
- Estar basado en la interpolación o extensión de sistemas cortafuego previamente ensayados que sean lo suficientemente similares en su naturaleza o que representen claramente las condiciones sobre las que se debe emitir el juicio, además de conocimientos adicionales e interpretaciones técnicas basadas en principios de ingeniería aceptados, la ciencia del fuego y las directrices de ensayo contra incendios (p. ej. ASTM E 2032 - Guía normalizada para la ampliación de datos procedentes de incendios de acuerdo con ASTM E 119, ULC Tema C263E: Criterios para el uso en la extensión de datos de ensayos de resistencia al fuego ASTM E2750 o Ensayos de sistemas cortafuego de penetración realizados de conformidad con ASTM E814) también pueden utilizarse como datos de apoyo adicionales.
- Estar basado en el pleno conocimiento de los elementos de la construcción a proteger y una comprensión del comportamiento probable del sistema cortafuego recomendado para proteger dicha construcción, si este se sometiera al método de ensayo de exposición al fuego normalizado adecuado, para la clasificación indicada en el EJ.
- Limitarse únicamente a las condiciones y configuraciones específicas en las que se emitió el EJ y debe basarse en expectativas de rendimiento razonables.
- Aceptarse únicamente para un único trabajo y proyecto específicos y no debe transferirse a ningún otro trabajo o proyecto sin una revisión exhaustiva y adecuada de todos los aspectos del siguiente trabajo o proyecto.

3.11.2.1. Requisitos básicos de presentación del EJ

Los EJ adecuados deben incluir la siguiente información (para mayor referencia, ver Anexo B):

1. Presentarse en forma escrita adecuadamente descriptiva, con o sin detalles, cuando proceda.
2. Indicar claramente que el sistema cortafuego recomendado es un EJ.
3. Incluir instrucciones claras para la instalación del sistema cortafuego recomendado.
4. Incluir las fechas de emisión y firma de autorización, así como el nombre, dirección y número de teléfono del emisor.
5. Hacer referencia al sistema o sistemas probados en los que se basa el diseño (EJ).

6. Identificar el nombre de la obra, la ubicación del proyecto y la empresa a la que se emite la EJ, junto con las condiciones no estándar y la clasificación respaldada por la EJ.
7. Contar con la debida justificación (es decir, UL, ULC, Intertek u otros independientes y/o dictámenes).
8. Proporcionar descripciones completas de los elementos críticos para la configuración del cortafuego. Estos deben incluir, pero no limitarse a lo siguiente.

A. Básico, común

- Tipo(s) de montaje utilizado(s) o penetrado(s).
- Clasificación soportada por el EJ.

B. Penetraciones pasantes

- Elemento(s) penetrante(s) (tipo, tamaño, etc.).
- Requisitos de espacio anular (mínimo, máximo, real, nominal, etc.).
- Tamaño de la abertura;
- Producto(s) cortafuego(s) a utilizar, tipo y cantidad (espesor si procede).
- Elementos accesorios (es decir, anclajes, material de soporte, etc.).
- Consideraciones especiales.

C. Juntas

- Anchura de la junta (anchura instalada, nominal).
- Capacidad de movimiento.
- Clase de movimiento (térmico, contracciones por viento, sísmico).
- Elemento(s) accesorio(s) (es decir, tipo de aislamiento, espesor y compresión, etc.).
- Consideraciones especiales.

D. Sistemas de cerramiento de conductos (dampers)

- Tipo de sistema de conductos (es decir, escape de cocina, escape de materiales peligrosos, ventilación, suministro/retorno, etc.).
- Construcción de conductos: dimensiones, material, calibre, refuerzo, conexiones, orientación (horizontal, vertical o ambas).
- Sistema de cerramiento: designación de la marca, descripción, resistencia al fuego.
- Espesor, densidad, número de capas, resistencia al fuego, distancia a combustibles, juntas de materiales, fijación mecánica al conducto, sistema de soporte del conducto, construcción de la compuerta de acceso.

- Sistema cortafuego: dimensiones del espacio anular, construcción piso/muro, número de diseño, componentes, espesor instalado.
- Consideraciones especiales

Ejemplos de juicios de ingeniería: Penetración de tuberías

JUICIO DE INGENIERÍA / DETALLE CORTAFUEGO		
HILTI MO:	PROYECTO:	Fecha:
		Folio:
CLIENTE / ID:	PERSONA DE CONTACTO:	Página 1 de 2
<p>Sistema cortafuego de acuerdo a la resistencia al fuego de una abertura en muro de tablaroca, para pasantes de Tuberías de PVC, utilizando el sistema FS ONE MAX, cinta intumescente CP648-E W45 / 1-3/4.</p> <p>F-RATING: 3 HR</p> <p>Detalles:</p> <p>1. OBJETIVO Este reporte de Juicio de Ingeniería fue preparado como requisición de</p> <p>El requerimiento es un SISTEMA CORTAFUEGO para protección pasiva de una abertura en muro tabla roca, utilizando el sistema FS ONE MAX, cinta intumescente CP 648 E W45 / 1-3/4.</p> <p>Este Juicio de Ingeniería representa un sistema cortafuego en que se espera que verifique la resistencia indicada si se realiza la prueba estandarizada de resistencia al fuego.</p> <p>2. EVIDENCIAS DE PRUEBAS Las siguientes pruebas fueron tomadas en consideración para generar el Juicio de Ingeniería. Sistema UL/CUL W-L-2447.</p> <p>3. NOTAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • El Juicio de Ingeniería debe ser visto como la opinión de un especialista y no como un sistema completamente probados con esa configuración. • Todo los productos deben de ser instalados de acuerdo a las instrucciones de Hilti. • Espesor mínimo de muro de tabla roca: 4 1/2 plg. • Elementos penetrantes: 1 tubo de PVC de 4 plg. • Exposición: Interior. • Accesibilidad: Ambos lados • F-Rating de sistema: 3 Hrs (Ver notas) • El T-Rating puede no ser igual al F-Rating de acuerdo a UL-2079. 		

Figura 31. Ejemplo de EJ, parte 1

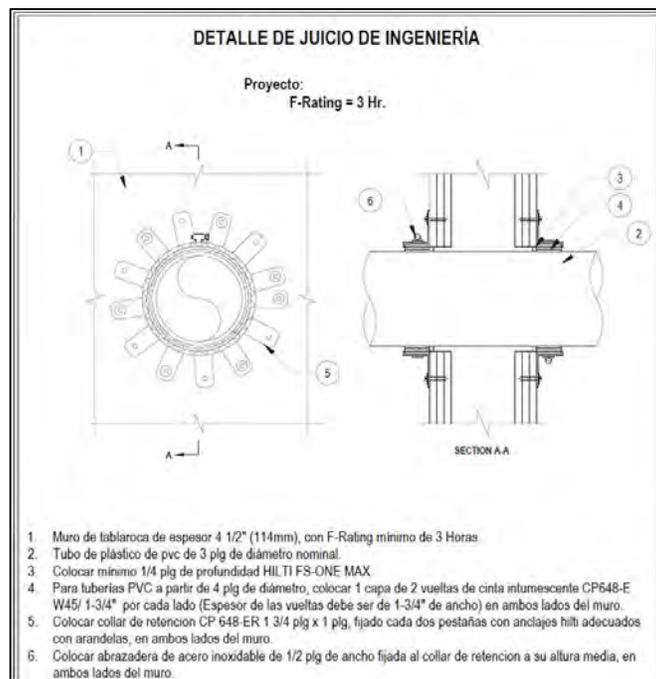


Figura 32. Ejemplo de EJ, parte 2

Penetración en bandejas portacables

JUICIO DE INGENIERÍA / DETALLE CORTAFUEGO		
HILTI MO:	PROYECTO: FEVISA	Fecha:
		Folio:
CLIENTE / ID: Consorcio	PERSONA DE CONTACTO:	
Página 1 de 2		
<p>Sistema cortafuego empleando el sistema HILTI CFS-BL Firestop Block y FS-ONE MAX , para protección pasiva de una abertura en pared. F-RATING: 2 HR</p>		
<p>Detalles:</p> <p>1. OBJETIVO Este reporte de Juicio de Ingeniería fue preparado como requisición de</p> <p>El requerimiento es un sistema cortafuego para protección pasiva de una abertura en pared, empleando el sistema HILTI CFS-BL Firestop Block y FS-ONE MAX.</p> <p>Este Juicio de Ingeniería representa un sistema cortafuego en que se espera que verifique la resistencia indicada si se realiza la prueba estandarizada de resistencia al fuego.</p> <p>2. EVIDENCIAS DE PRUEBAS Las siguientes pruebas fueron tomadas en consideración para generar el Juicio de Ingeniería. Sistema UL/cUL C-AJ-4071, C-AJ-8207 y C-AJ-8110.</p> <p>3. NOTAS</p> <ul style="list-style-type: none"> El Juicio de Ingeniería debe ser visto como la opinión de un especialista y no como un sistema completamente testado con esa configuración. Todo los productos deben de ser instalados de acuerdo a las instrucciones de Hilti. Dimensión máxima de la abertura: 160x100 cm. Bandejas porta cable de dimensiones máximas: 24" x 4", maximo 3 unidades, con porcentaje de ocupación máximo de 67%. Acceso de ambos lados, exterior. El T-Rating puede no ser igual al F-Rating de acuerdo a UL-2079. 		

Figura 33. Ejemplo de EJ parte 1

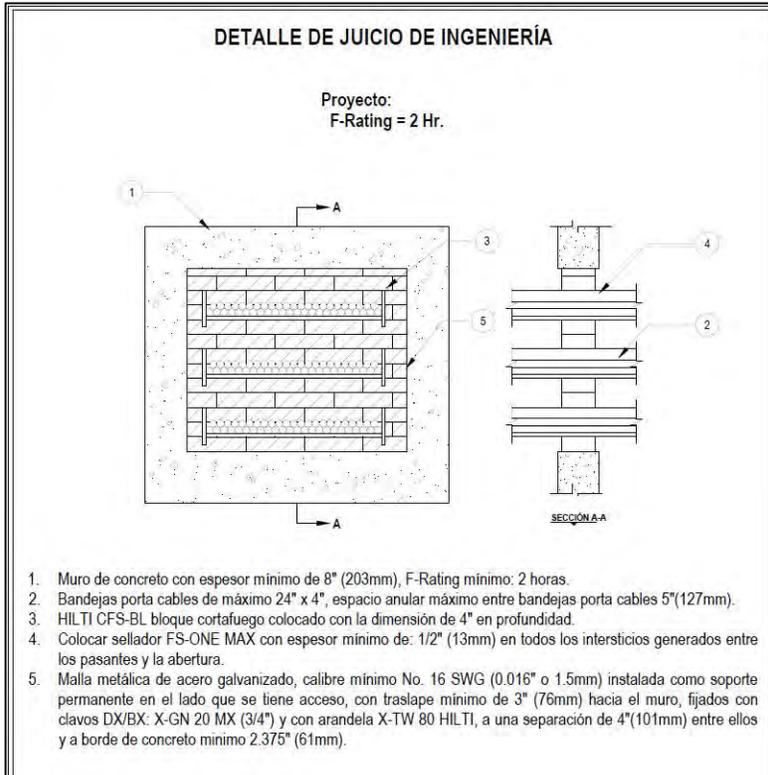


Figura 34. Ejemplo de EJ parte 2

E. Sistemas perimetrales contra incendios

- Tipo(s) de montaje utilizado(s), es decir, vidrio, aluminio, granito, concreto, etc.
- Clasificación en horas requerida.
- Sistema listado más cercano en el que se basa el EJ.
- Anchura de la junta.
- Estática o dinámica.
- Tipo(s) de materiales de aislamiento, espesor y compresión, etc.
- Tipo(s) de aislamiento de muro cortina, espesor (si es necesario).
- Cinco principios básicos.
 1. Fijación mecánica del aislamiento del spandrel
 2. Protección de los montantes
 3. Fijación por compresión y orientación del Aislamiento
 4. Instalación de un elemento de refuerzo, rigidizador, en la zona segura detrás del aislamiento del spandrel.
 5. Revestimiento ignífugo, tipo, grosor, etc.

F. Juntas constructivas

- Anchura de la junta (anchura nominal instalada)
- Capacidad de movimiento.
- Clase de movimiento (térmico, contracciones por viento, sísmico).
- Elemento(s) accesorio(s), es decir, tipo de aislamiento, espesor y compresión, etc.
- Consideraciones especiales.

International Firestop Council recomienda que se tengan en cuenta estas directrices a la hora de evaluar si cualquier Juicio de Ingeniería de sistema cortafuego cumple los requisitos mínimos. La información mínima necesaria para contener en un Juicio de Ingeniería se encuentra en el Anexo B.

Las preguntas relativas a la solicitud de EJ deben dirigirse al ingeniero que emitirá la recomendación de diseño.

3.12. Selección de sistemas

La selección del sistema de protección contra incendios puede realizarse accediendo a directorios de listados de laboratorios de certificación de tercera parte. Uno de los ejemplos es

el directorio de certificación UL. El directorio UL sigue una nomenclatura específica para identificar los diferentes sistemas cortafuego listados.

- Para elegir un sistema, necesitamos conocer los detalles básicos de la aplicación.
- ¿Qué tipo de elemento del edificio requiere sistemas cortafuego? - Suelo o muro
- ¿De qué tipo de material es el elemento del edificio - Concreto, yeso, mampostería, estructura de madera, etc.
- ¿Cuál es el elemento o elementos penetrantes? - Metálico, no metálico y cables, etc.
- ¿Cuáles son las descripciones específicas de los penetrantes? - Diámetro, cantidad, tipo de polímero, tipo y grosor del aislamiento, etc.
- ¿Cuál es la clasificación en tiempo que se busca? - Calificación FR y TR
- ¿Hay alguna consideración especial? - Movimiento, exposición

Navegando UL – Ejemplo 1

1. C-AJ-4083

La primera letra indica lo que se está penetrando

Combinación de muros y pisos

- **F** = Pisos
- **W** = Muros
- **C** = Muros y pisos

El segundo - grupo de letras indica el tipo de material del elemento base

- **A.** Pisos de concreto ≤ 5 " de espesor (~12.7 cm)
- **B.** Pisos de concreto > 5 "(>12.7 cm.)
- **C.** Losas enmarcadas
- **D.** Losa colaborante
- **J.** Muros de bloques o concreto ≤ 8 " de espesor (~20.3 cm)
- **K.** Muros de bloques o concreto > 8 " de espesor (~20.3 cm)
- **L.** Muros con molduras -Tabla de yeso
- **M.** Mamparas (bulkhead)

El componente numérico describe el tipo de penetrantes

- 0000-0999 Aberturas vacías.
- 1000-1999 Tubos metálicos, conduit, etc.
- 2000-2999 Tubos o conduit no metálicos.
- 3000-3999 Cables.
- 4000-4999 Charolas portacables.
- 5000-5999 Tubos con aislamiento.
- 6000-6999 Varios - Eléctricos (“Bus ways”.)
- 7000-7999 Varios - Mecánicos (Ductos de aire.)
- 8000-8999 Varios elementos pasantes.
- 9000-9999 Reservado para utilizaciones futuras.

Siguiendo los pasos que se indican a continuación, cualquier sistema cortafuego puede identificarse fácilmente.

Paso 1: Acceda a www.ul.com o <https://constructionplatform.hilti.com/>

También existen otras agencias de listado, como:

- <https://iq.ulprospector.com/info/>
- www.icc-es.org
- www.icc-nta.org
- <https://constructionplatform.hilti.com/>

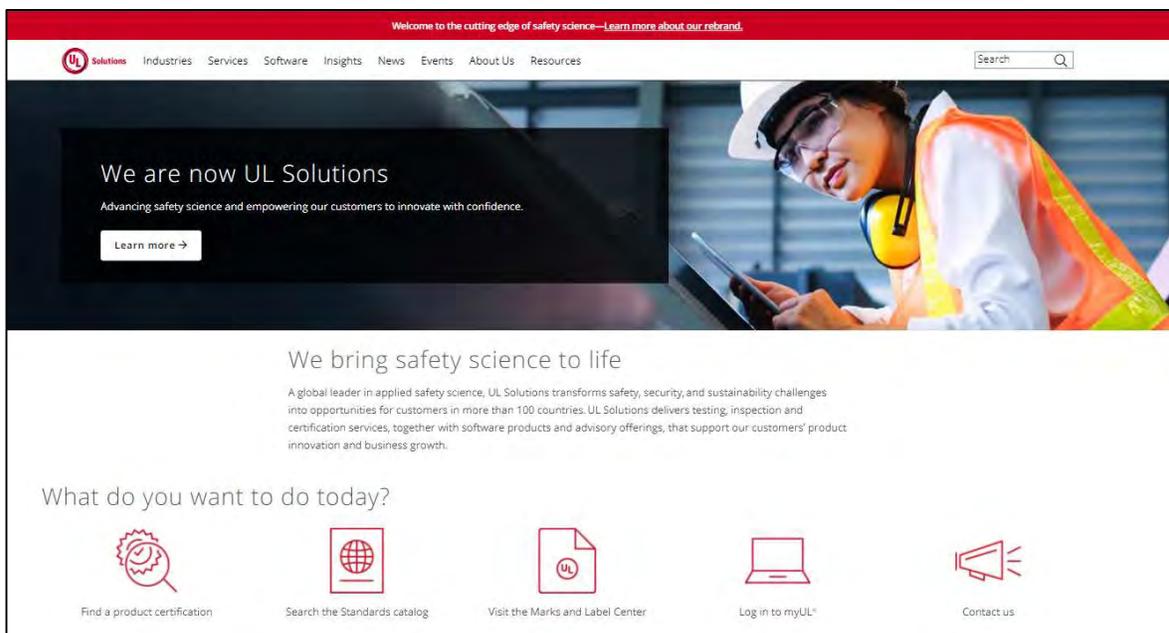


Figura 35. www.ul.com

Paso 2: De clic en el enlace “Find a product certification”

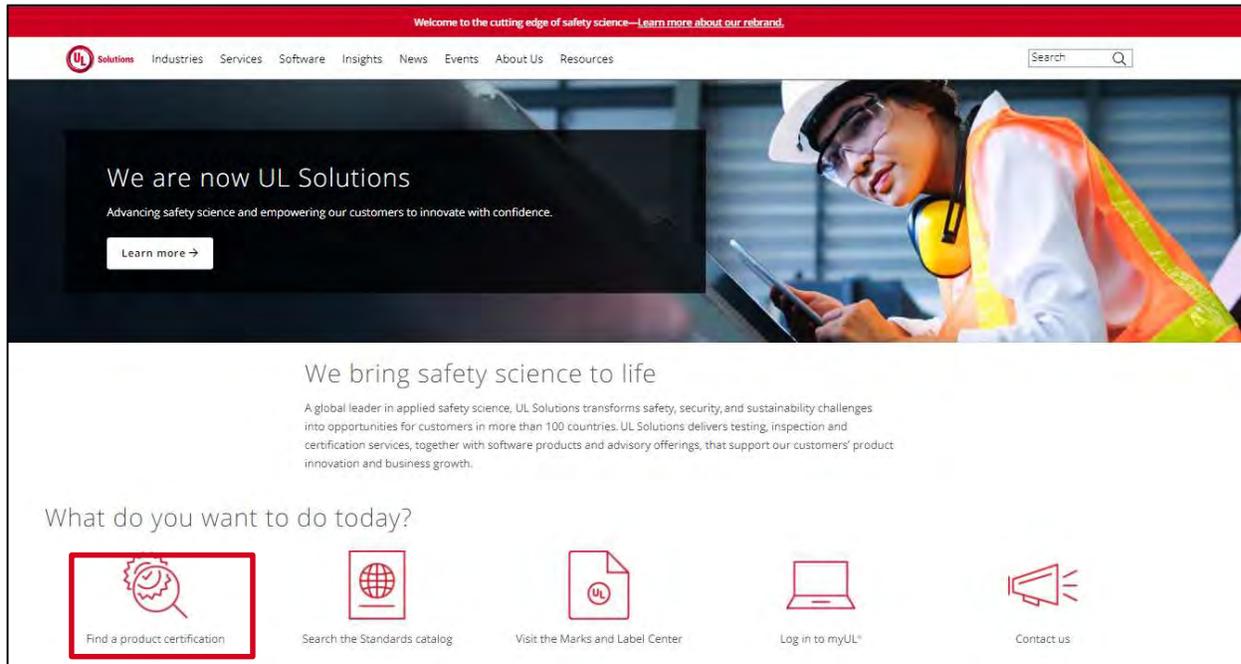


Figura 36. Paso 2

Paso 3: Inicie sesión en UL Product iQ

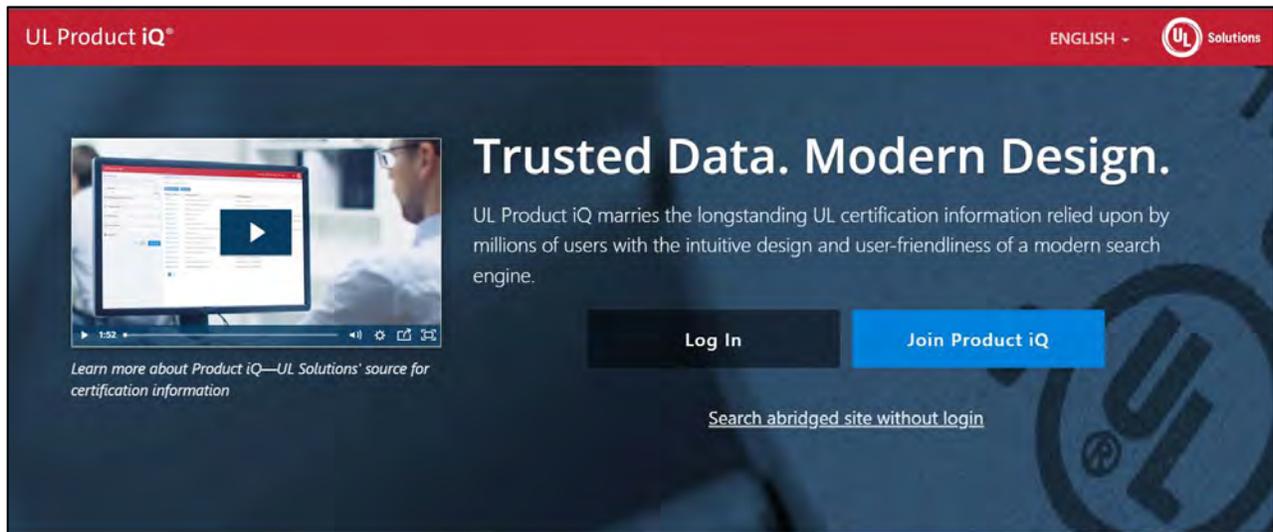


Figura 37. Paso 3

Paso 4: Dentro de la sección “Building Materials, Systems and Installations Codes, buscar Firestop Systems

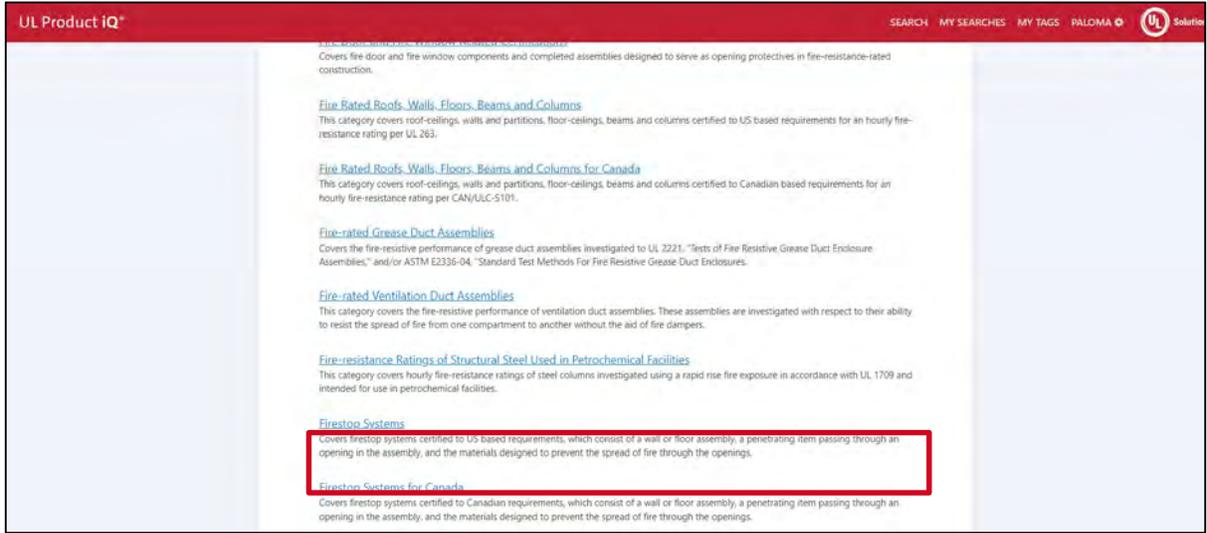


Figura 38. Paso 4

Paso 5: Utilice la pestaña refinar resultados para poner el criterio por el cual sistema cortafuego se está buscando. Por ejemplo:

- Clasificación F del filtro - 2 horas
- Elemento penetrante - Tubería no metálica
- Sistema cortafuego de penetración total - Pisos de concreto con espesor mínimo superior a 127 mm.
- Cuando seleccionemos estos filtros, aparecerán múltiples sistemas cortafuego. A partir de estos sistemas, se puede buscar el más adecuado dependiendo del caso.

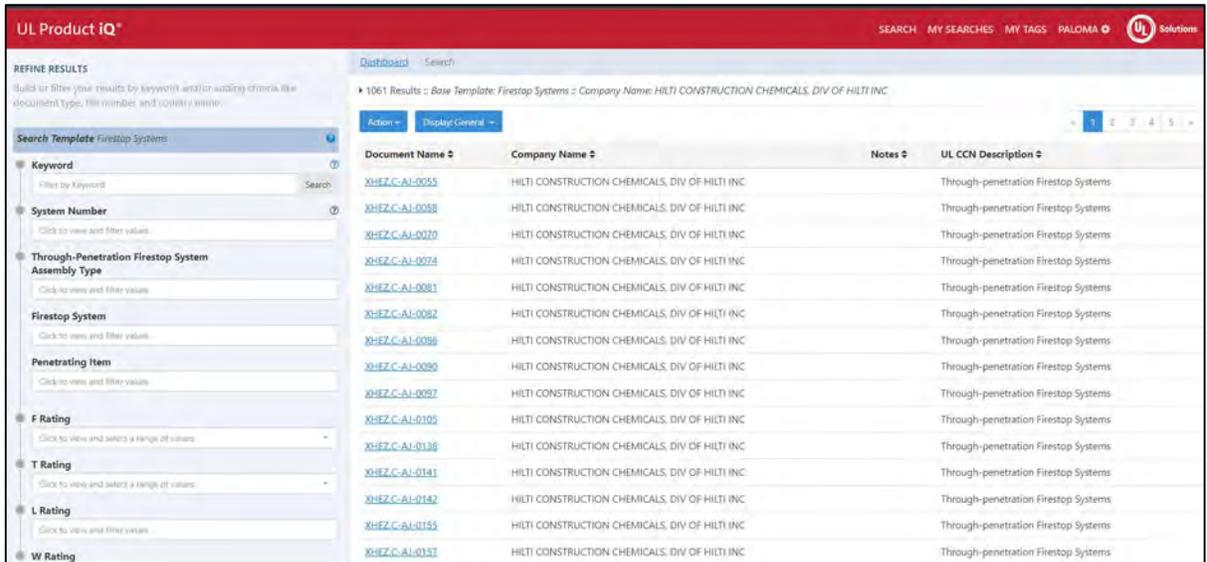


Figura 39. Paso 5

Paso 6. Escoja el sistema correcto, consultando los detalles del sistema cortafuego. A continuación, se muestra un ejemplo en detalle:

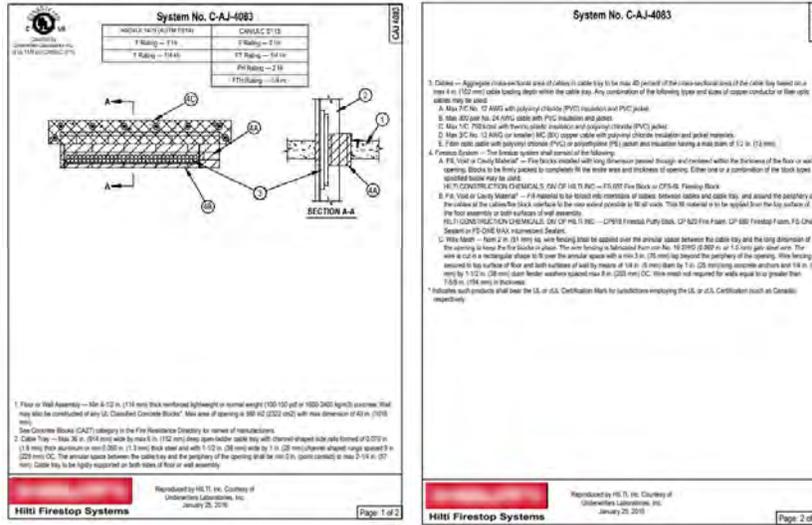


Figura 40. Paso 6

3.13. Instalación e inspección de sellos en penetración

La instalación de sistemas cortafuego es un parámetro crítico por cumplir para garantizar el rendimiento previsto de los sistemas cortafuego. Cada sistema cortafuego ensayado bajo esquemas de certificación de terceros como como UL e Intertek, etc., destaca los parámetros clave sobre el sistema como espacio relleno, espesor o tipo de material. Esto debe seguir estrictamente las instrucciones de instalación del fabricante.



Figura 41. Instalación e inspección de sistemas cortafuego

Debido a la gran variedad de penetrantes y sistemas, no existe realmente un único producto cortafuego probado y listado como sistema cortafuego que pueda funcionar en todas las situaciones. Incluso con una combinación de penetrante, las variaciones en el espacio anular de un caso a otro pueden requerir un sistema cortafuego completamente diferente. Por lo tanto, los proyectistas instaladores e inspectores deben examinar los detalles específicos de los sistemas cortafuego para asegurarse de que son instalados de acuerdo con las condiciones de diseño. Para un sistema cortafuego aprobado y listado que no se instala correctamente en sitio, puede comprometer la seguridad tanto del edificio como de los ocupantes. Aunque el código no proporciona mucha orientación sobre la inspección de cortafuego, quizás el mejor consejo es simplemente seguir las frases utilizadas en la sección 714, tales como "instalado probado", "instalado de acuerdo con su listado" e "instalado de acuerdo con las instrucciones incluidas en el listado". Si tanto el instalador como el inspector se aseguran de que los sistemas cortafuego utilizados están certificados para la aplicación específica y se instalan correctamente, se obtendrá un eficaz y adecuado nivel de protección. Por otro lado, si no se siguen estas directrices, la seguridad tanto del edificio como de sus ocupantes y la eficacia de la penetración pueden verse comprometidas.

Uno de los aspectos que generalmente no abordan los códigos, normas y reglamentos es quién es responsable de instalar cortafuego. El inspector se ocupa de garantizar que las aberturas y penetraciones se han protegido como se requiere y no con el hecho de quién es el responsable de estas. Sin embargo, desde el punto de vista del propietario, contratista o del instalador, la cuestión de quién es responsable es de vital importancia para garantizar que las penetraciones estén debidamente instaladas y que además se instalen dónde, cuándo y cómo deben instalarse. Por ello, al inicio de cada proyecto, el propietario, diseñador y contratistas deben determinar quién es responsable de cumplir los requisitos de protección contra incendios.

La responsabilidad puede recaer en un contratista especializado con experiencia y conocimientos en la selección e instalación de los sistemas cortafuego; o en cada subcontratista que se encargue de las penetraciones.

El inconveniente esperar que cada contratista se responsabilice de las penetraciones que genera ya que es probable que no conozcan la variedad de soluciones cortafuego disponibles o tener la experiencia para seleccionar o instalar correctamente algunos de los sistemas. Además, dependiendo del cronograma de obra, puede que no esté considerada su protección.

La responsabilidad de la instalación de cortafuego es crítica desde el punto de vista de los costos y para garantizar que el edificio está correctamente protegido, esta decisión debe tomarse de antemano para que todos los implicados en el proceso de construcción sepan lo que se espera de ellos.

Los códigos locales de los países bajo análisis que no se basan en NFPA, no consideran provisiones sobre inspección de sistemas cortafuego. Sin embargo, el IBC contiene algunas

disposiciones que deben tenerse en cuenta y que pueden afectar la forma en que se aplican las disposiciones sobre cortafuego. Aunque no se aborda directamente el cortafuego, dos secciones a considerar son las Secciones 107.2.1 del IBC, relacionadas con la información en los documentos de construcción, y la Sección 104.4 del IBC, relacionada con los poderes del funcionario de la construcción.

Las siguientes cuatro secciones tomadas de IBC están muy relacionadas con el cortafuego para que los usuarios de esta guía sean conscientes de los requisitos y la intención detrás de las disposiciones. Estos incluyen:

- Sección 110.3.8 del IBC, requiere que la protección de juntas y penetraciones permanezcan accesibles y no se oculten hasta que sea inspeccionadas.
- Sección 1705.17 del IBC, exige inspecciones especiales para penetraciones de membrana, penetraciones totales, sistemas de juntas resistentes al fuego y sistemas de barrera perimetral contra incendios, cuando se instalen en edificios de gran altura o en edificios con la categoría de riesgo III o IV, según la sección 1604.5 del IBC.
- Sección 703.5 del IBC, exige el marcado y la identificación de conjuntos que requieran aberturas o penetraciones protegidas.
- International Fire Code Sección 703.1, aborda el mantenimiento de los sistemas con clasificación de resistencia al fuego, incluidos los cortafuego y juntas.

La sección 107.2.1 establece que los documentos de construcción deben ser de tal calidad y detalle que el funcionario de la construcción pueda determinar si el trabajo propuesto se ajusta a los requisitos del IBC

Nota: Actualmente, los códigos, normas y reglamentos locales de México, Chile, Perú, Argentina, Colombia no incluyen los requisitos de instalación e inspección de sistemas cortafuego en particular. Sin embargo, en algunos casos se dan algunas directrices de inspección de muros cortafuego sin llegar a abordar el tema a detalle. Igualmente se incluyen algunos requisitos de revisión posterior a la finalización de la construcción, más asociados a la operación y obtención de la licencia de operación. Por lo tanto, tampoco se incluyen requisitos de revisión de sellos cortafuego.

Algunos diseñadores optan por incluir en el cronograma de obra el sistema cortafuego de penetración y seleccionan sistemas que son específicos del proyecto:

- ¿Cuál es la clasificación requerida?
- ¿Qué penetra en el suelo o en el muro?
- ¿De qué está hecho el suelo o muro?
- ¿Cuál es el espacio anular?

Por ejemplo, el cronograma de obra previsto podría indicar algo tan sencillo como *"El sistema ABC de fabricante A, se utilizará para paredes de estructura metálica revestidas de yeso con penetraciones de tuberías que tengan un espacio anular inferior a XYZ pulgada, mientras que el sistema DEF se utilizará si el espacio anular supera las 2 pulgadas"*.

La especificación de los espacios anulares mínimos y máximos de esos sistemas cortafuego también puede servir para asegurar que los operarios que instalen esas penetraciones no hagan agujeros que luego sean difíciles o costosos de proteger, que no dispondrían de sistemas listados y que requerirían un juicio de ingeniería. La mayoría de las situaciones que requieren una decisión técnica son aquellas en las que la forma y el tamaño del orificio se crearon sin planeación. Esta sencilla guía ofrece al examinador del cronograma la oportunidad de asegurarse de que se especifican los sistemas adecuados. Además, proporciona al instalador conjuntos específicos que satisfagan los requisitos del código; y dirige al instalador y al inspector a enumerar información que garantice que el sistema es adecuado y está correctamente instalado.

Un cronograma cortafuego también sirve como recordatorio, que no hay un sistema que funcione en todo el proyecto y cada hueco puede tener un requisito diferente. Aunque no hay nada en la sección 107.2.1 del IBC que indique esto específicamente, establece qué nivel de información se requiere para que el trabajo se ajuste a las disposiciones del IBC. La Sección 104.1 del IBC otorga al responsable de la construcción la autoridad para adoptar políticas y procedimientos con el fin de hacer clara la aplicación de sus disposiciones. Por lo tanto, sería admisible que el responsable decidiera cuándo y qué información debe presentarse para demostrar que se están instalado los sistemas cortafuego adecuados.

Facilitar esta información en una fase temprana del proceso puede ayudar al contratista a contar con las instrucciones de instalación y al inspector para que se verifique si el sistema es adecuado y está correctamente instalado.

Aunque es fácil decir que la información sobre cortafuego debe proporcionarse desde el principio, en la mayoría de las situaciones este nivel de detalle puede que no sea posible y en realidad no sea más que información conceptual sobre lo que se pretende. Dado que la mayoría de los planos no abordan exactamente dónde y cómo se realizan las penetraciones o si pueden agruparse en un único orificio. Los detalles de los sistemas cortafuego sólo pueden presentarse en los submittals (véase el apartado 107.3.4.1) y sólo estarán disponibles cuando se faciliten al inspector las instrucciones de instalación del fabricante.

Dado que los espacios anulares cubiertos por un producto determinado pueden variar, es muy difícil proporcionar información precisa, sino hasta se tiene tamaño de orificio y la penetración; sólo entonces es posible seleccionar el sistema a utilizar. Por ejemplo, para un sistema de muro, el tipo de tubería puede necesitar el producto "A" para una instalación de punto de contacto continuo; el producto "B" para una instalación con un único punto de contacto y un espacio anular de 10 cm en el otro lado; y el producto "C" para una tubería centrada en el orificio con 5

cm alrededor. No obstante, los responsables de los códigos y los diseñadores deben ser realistas en sus expectativas de la información y los detalles que pueden proporcionarse desde el principio, en una fase temprana. Sigue siendo importante que, antes de la instalación y la inspección, se determinen los detalles de la protección, de modo que las instrucciones de instalación del fabricante estén disponibles antes de que se instale el cortafuego.

La sección 110.3.8 aborda específicamente una parte del proceso de inspección en lo que se refiere a cortafuego y protección de juntas. Este apartado reconoce que el oficial de construcción debe tener la oportunidad de inspeccionar estos sistemas antes de que queden ocultos a la vista. El contratista debe ser consciente de este requisito para que no continúe con los trabajos, antes de inspeccionarse.

No se debe esperar que un inspector acepte/apruebe un trabajo que no puede verificar. En este caso, el inspector podría solicitar la remoción de la construcción o detalles arquitectónicos para comprobar que la instalación es correcta. Además de requerir simplemente un programa de inspección especial, la sección 1705.18.1 hace una referencia a las normas ASTM E 2174 y ASTM E 2393, que establecen cómo deben realizarse las inspecciones.

La norma ASTM E 2174 "Standard Practice for On-Site Inspection of Installed Fire Stops", proporciona procedimientos sobre cómo inspeccionar los sistemas y las directrices que deben seguirse tanto para llevar a cabo las inspecciones, como para realizar las inspecciones e informar los resultados al oficial de obra y al inspector de sistemas cortafuego. La información contenida en estos estándares ayudará al proyectista a preparar la declaración de inspecciones especiales requerida por la Sección 1704.3.

El programa de inspecciones especiales para la observación de los sistemas cortafuego, instalación o pruebas destructivas de sistemas cortafuego instalados es similar a todos los demás programas de inspecciones especiales requeridos por el Capítulo 17 del IBC, que requiere:

- Que la agencia de inspección especial esté aprobada (Sección 1704.2);
- Que el inspector especial esté aprobado y calificado (Sección 1704.2.1);
- La agencia de inspección especial que será contratada por el propietario o el profesional del diseño que actúe como agente del propietario y no por el contratista (sección 1704.2);
- El profesional del diseño o el solicitante deberá presentar una declaración de inspecciones especiales como condición para la expedición del permiso (Sección 1704.2.3) con la declaración, identificando los elementos específicos relacionados con las inspecciones (Secciones 1704.3 y 1704.3.1);
- El organismo de inspección especial deberá presentar informes que documenten las inspecciones, correcciones y discrepancias al funcionario del de gobierno con facultad legal de hacer cumplir el código. (Sección 1704.2.4).

La sección 703.7 ayudará a los propietarios, contratistas e inspectores a saber cuándo es necesaria la protección de las penetraciones. Esta sección exige que los muros que requieran aberturas y penetraciones deben estar protegidas e identificadas con algún tipo de señal o marca para indicar esta protección.

La identificación de los muros que requieren las aberturas protegidas ayuda a mantener la resistencia al fuego del humo durante toda la vida útil del edificio. Por supuesto, la falta de dicha señalización no debe considerarse como una indicación de que un muro, aberturas y penetraciones no necesitan o no tiene resistencia al fuego. Ver Anexo C para ver la información mínima que deberá contener esta placa de identificación.

La referencia más confiable para consultar y determinar qué muros deben ser resistentes al fuego y cuáles no, es la documentación del proyecto.

Cuando se prevea un espacio oculto accesible en zonas adyacentes a muros cortafuego, barreras cortafuego, bloques cortafuego o cualquier otra pared que deba tener aberturas protegidas, deberá marcarse en la pared de forma tal que quede claro que las aberturas consideran sellos cortafuego. La figura 42 muestra un ejemplo de este requisito.

Esto permite a los trabajadores de mantenimiento del edificio, contratistas e inspectores, tener una referencia visual y rápida de que necesitan asegurarse de que cualquier penetración o abertura esté protegida. Además, en situaciones futuras en las que un técnico, un instalador de cables o una persona encargada del cableado informático abran un nuevo agujero en el muro, estén conscientes de que deben protegerlo y restaurar el conjunto a su estado original.



Figura 42. Señalización de barreras cortafuego

3.13.1. Señal de identificación en espacio oculto accesible

Este tipo de señales sólo son necesarias cuando el acceso al espacio oculto está disponible, por ejemplo, una abertura de acceso o un sistema de techo acústico suspendido. Si el espacio oculto no es accesible (como cuando un techo de yeso se instala directamente en la parte inferior de las viguetas), entonces no es necesaria la señalación, ya que se asume que las personas no podrán entrar en el espacio y crear nuevas aberturas en el conjunto. La sección 703.5 proporciona tamaños de letra específicos, texto y ubicaciones para llamar la atención sobre los requisitos del muro. Una última sección del código a discutir son los requisitos de mantenimiento de los sistemas resistentes al fuego de la Sección 703.1 del International Fire Code (IFC).

Esta sección requiere que la clasificación de resistencia al fuego de la construcción "incluidos cortafuego y sistemas de juntas resistentes al fuego, deberán ser inspeccionados visualmente por el propietario anualmente y reparados, restaurados o sustituidos cuando se encuentren dañados, alterados, violados o penetrados". Este requisito de inspección anual no es aplicable si las penetraciones se encuentran en una zona oculta y no accesibles. El IFC en la Sección 703.1 indica que, si en la inspección anual se encuentran agujeros adicionales, deberán protegerse con métodos aprobados capaces de resistir el paso del humo y el fuego.

3.13.2. Guía de inspección para el diseñador

Las responsabilidades de un diseñador de sistemas cortafuego de reflejan en todas las actividades de inspección y las fases de construcción de un proyecto, estas son:

- Comprobación de los requisitos de los códigos nacionales o normativas ¿Cumplen los sistemas cortafuego con los estándares de ensayo?
- Selección correcta del producto con aprobaciones de estándares de ensayo, considerando su comportamiento ante el fuego y al campo de aplicación
- Los detalles y materiales del sistema cortafuego deben incluirse en los planos y especificaciones.
- Proporcionar a las partes interesadas las especificaciones de cortafuego teniendo en cuenta el campo de aplicación y el cumplimiento del código de construcción.
- Actividades de coordinación y comunicación entre el diseñador del edificio o instalación industrial y el instalador, previo a la realización de cualquier trabajo.
- Revisión del diseño antes de la instalación en el proyecto (reunión previa a la construcción).
- Realización de la inspección en el proyecto para cruzar información de los sistemas de penetración, en planos.
- Realizar las comprobaciones previas a la entrega, incluida la lista de verificación de instalación.
- Presenciar y completar los registros de entrega y la documentación de cortafuego.

3.13.3. Algunos puntos clave a considerar al realizar las inspecciones:

- ¿Está listado como sistema cortafuego? (por ejemplo, por Underwriters Laboratories (UL), Intertek Testing Services (ITS)).
- ¿Cumplen los sistemas cortafuego especificados, los requisitos de estándar de ensayo para las condiciones en sitio?
- ¿La autoridad local competente (AHJ) aprobará?
Los detalles y materiales de los sistemas cortafuego deben incluirse en los planos y especificaciones.
- ¿Cómo se evalúan los juicios de ingeniería?
- ¿Se ponen a disposición de los inspectores todos los detalles del sistema cortafuego?
- ¿Entienden el contratista general y los subcontratistas que la protección de penetraciones y juntas se inspeccionará?
Los sistemas cortafuego no deben quedar ocultos a la vista antes de ser inspeccionados y aprobados.
- Se deben realizar inspecciones visuales de recorrido durante la instalación del cortafuego.
- Cuando sea necesario o se requiera, se realizará una evaluación destructiva en diversos tipos de sistemas cortafuego.
Las linternas, el dispositivo de perforación y otras herramientas apropiadas hacen que se pueda realizar una correcta inspección.
- Los espesores adecuados, el espacio anular y los tipos de producto son fundamentales para lograr la eficacia del sistema.
- Los documentos de construcción que detallan las ubicaciones y los sistemas cortafuego deben conservarse en sitio para facilitar la realización de la inspección.
- Observar que los productos, envases, embalajes o cajas están etiquetados con los logos del organismo de ensayo autorizado, que es el mismo que el que aparece en los documentos de aprobación.
- Medir la profundidad y la anchura de los materiales según se indica en los detalles.
(a veces también se requieren mediciones de densidad para productos como el aislamiento térmico).
- Observe que los cortafuego se han instalado de forma que se pueda conseguir el movimiento requerido.
- Comparar el sistema cortafuego instalado con los detalles presentados.
- Observar un grado razonable de mano de obra que indique conformidad con los diseños especificados.
- Las instalaciones deficientes deberán corregirse inmediatamente y volver a inspeccionarse antes de que sean ocultadas.

3.13.4. Guía de inspección en sitio

- A. Establecer el plan de revisión.
- B. Realizar reuniones previas a la construcción para estudiar la documentación disponible.
- C. Comprobación o inspección visual con respecto a las especificaciones y los planos prediseñados:
 - Inspección completa.
 - Muestreo (mínimo de un 10% de todas las instalaciones).
 - Controles visuales.
 - Pruebas destructivas.
- D. Reunir los documentos pertinentes de homologación (aprobaciones de estándares de ensayo).
- E. Recolectar evidencia fotográfica para demostrar la conformidad.
- F. Utilización de una herramienta de documentación profesional.
- G. Registro de las desviaciones e inspección posterior para la aprobación final.
- H. Entrega.

Los documentos no lo son todo. Igualmente, las personas que realizan la instalación de los sistemas cortafuego deben ser personas competentes, que estén entrenados para leer correctamente las aprobaciones y evitar errores que propicien sistemas inseguros.



Figura 43. Planeación incorrecta

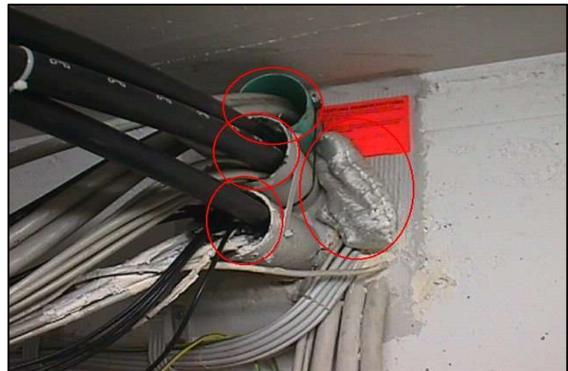


Figura 44. Uso incorrecto de materiales



4. SELLOS EN JUNTAS CONSTRUCTIVAS



Figura 45. Ejemplo de sello en junta constructiva

Tal y como se define en el IBC, una junta es la abertura en o entre conjuntos adyacentes que se crea debido a las tolerancias del edificio, o está diseñada para permitir el movimiento independiente del edificio en cualquier plano causado por cargas térmicas, sísmicas, de viento o de cualquier otro tipo. Dicho de otro modo, la junta es realmente el espacio, o abertura, entre conjuntos clasificados con resistencia al fuego que son adyacentes.

Un sistema de juntas resistente al fuego se define como un conjunto de materiales o productos específicos que están diseñados, probados con resistencia al fuego de acuerdo con ASTM E 1966 o UL 2079 para resistir durante un período de tiempo prescrito, el paso del fuego a través de juntas realizadas en o entre conjuntos resistentes al fuego.

Quizás la parte más importante de la primera definición es que la junta puede producirse dentro de un conjunto individual o entre conjuntos adyacentes. La segunda definición es importante porque establecerá los requisitos de rendimiento de la junta vinculados al estándar de ensayo ASTM o UL.

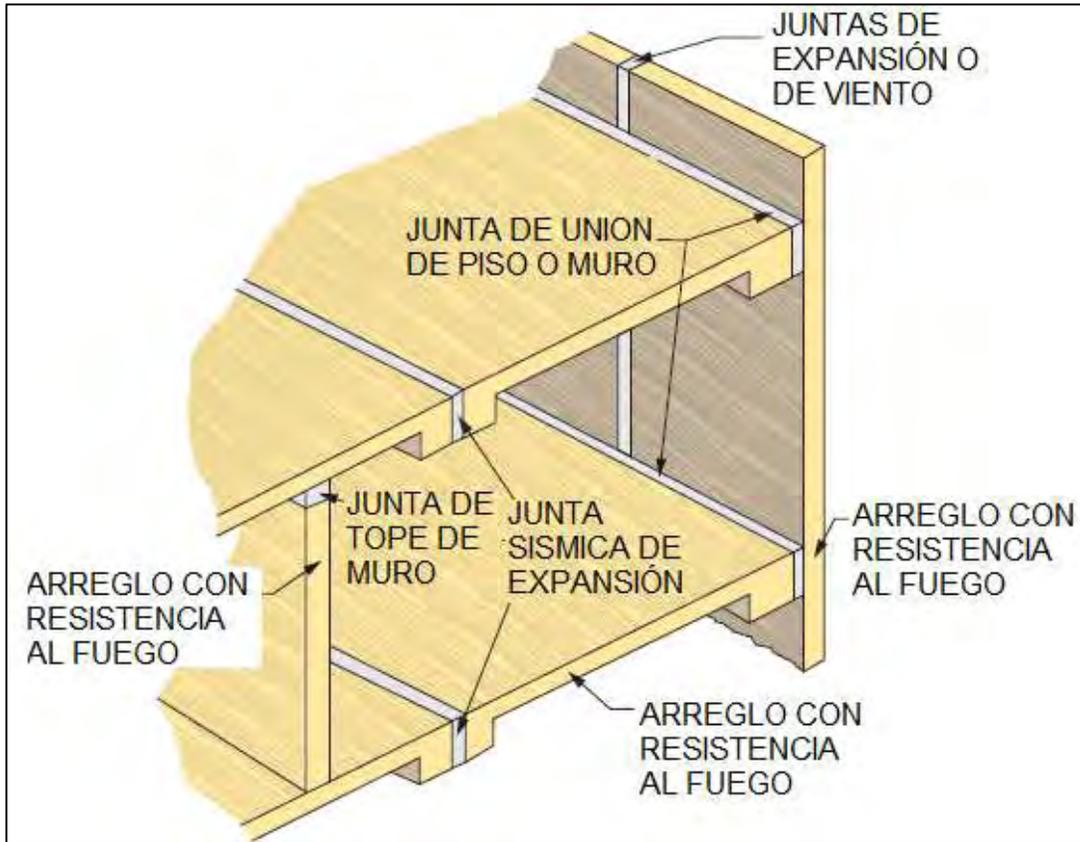


Figura 46. Ejemplos de juntas

Aunque las juntas pueden producirse en una gran variedad de lugares y sistemas (véanse las Figuras 47 y 48), es bueno tener un ejemplo en mente antes de examinar los requisitos específicos. Uno de los ejemplos más sencillos es una junta en un muro exterior construido con paneles prefabricados de concreto. Aunque los propios paneles de concreto claramente pueden proporcionar la clasificación de resistencia al fuego requerida del muro, el espacio o junta entre paneles adyacentes debe estar protegida para asegurar que las flamas o los gases calientes no puedan atravesar por el hueco y provocar un incendio al interior del edificio.

Otro ejemplo es una junta de dilatación o junta sísmica que permiten que partes de un edificio se muevan de forma independiente. Aunque una junta de dilatación permite que las partes del edificio se muevan independientemente, sigue siendo importante que la junta sea capaz de mantener la clasificación de resistencia al fuego, independientemente de que la separación debida al movimiento diferencial del edificio entre los muros sea mayor o menor.

4.1. Tipos de juntas

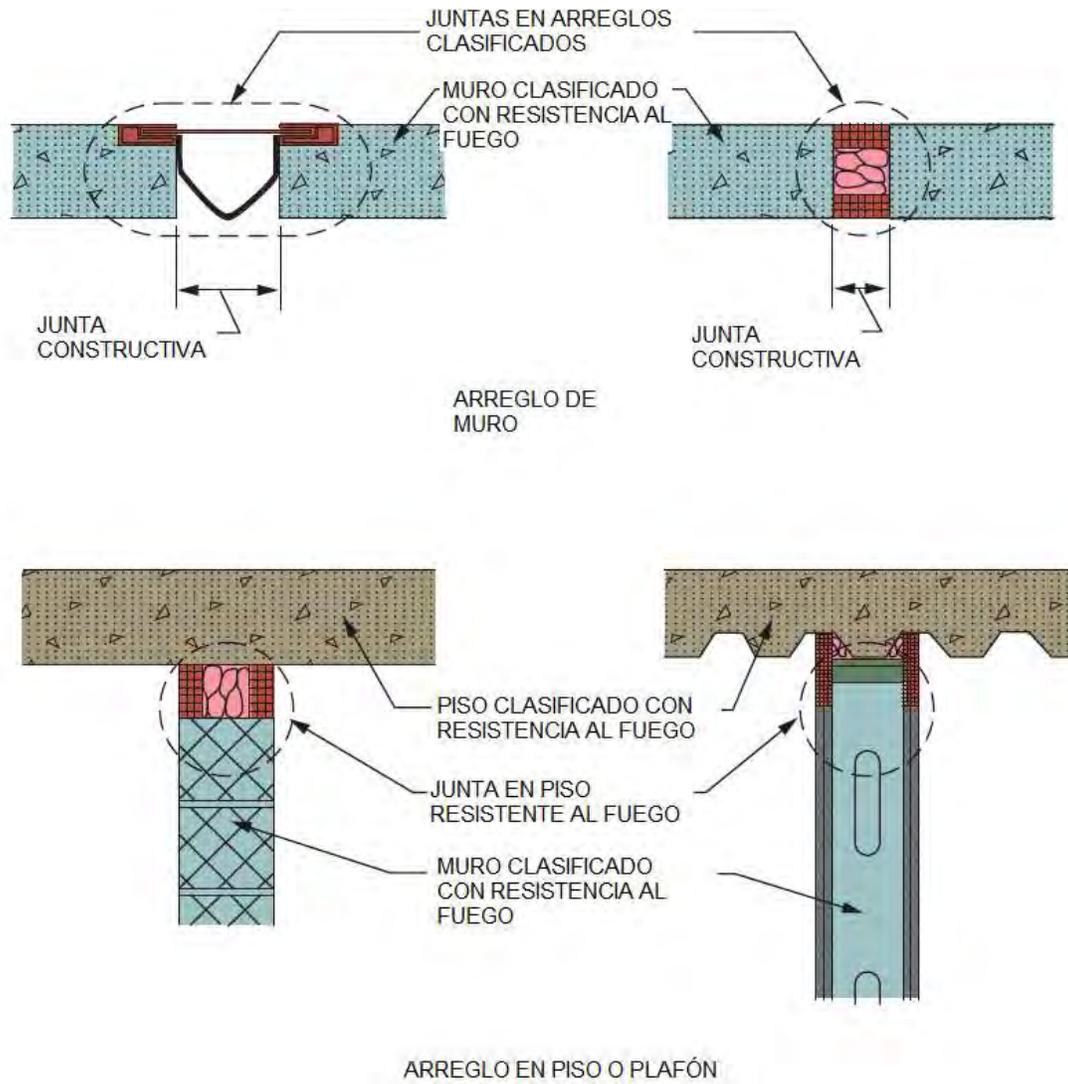


Figura 47. Tipos de junta



Figura 48. Junta en muro-losa colaborante



Figura 49. Junta en la parte superior de muros

Las juntas en la parte superior del muro son muy comunes. Aunque los conjuntos de muros y pisos con resistencia al fuego se ensayan como sistemas bajo ASTM E 119 o UL 263, ninguna de estas pruebas evalúa el rendimiento en el punto del muro y el conjunto horizontal. Para ilustrar esto, considere las disposiciones de las Secciones 707.5 y 707.6 de continuidad para una barrera cortafuego, que exigen que la barrera se extienda hasta la parte inferior y superior, considerando las juntas en la intersección de los dos sistemas.

La foto de la Figura 48 ilustra una situación en la que una barrera cortafuego se extiende hasta una losa colaborante, creando huecos en la parte superior del muro. Si estos huecos no están protegidos con un sistema de juntas en la parte superior del muro, proporcionan una vía directa para que un incendio se propague a la parte no expuesta del muro y, por lo tanto, anulan el propósito de la barrera cortafuego.

La foto de la Figura 49 muestra la instalación de otro tipo de sistema de juntas en la parte superior del muro. El no proteger adecuadamente estas intersecciones con sistemas de juntas resistentes al fuego, da como resultado que la eficacia de la barrera cortafuego se vea claramente comprometida.

Dado que el comportamiento de las juntas no se evalúa como parte de la prueba ASTM E 119 o UL 263, la sección 715 aborda las situaciones en las que se producen aberturas entre los sistemas y proporciona los requisitos y las estándares de ensayo que deben utilizarse para determinar la conformidad de los sistemas cortafuego, estos son:

- Movimiento cíclico de los conjuntos adyacentes.
- Impedir el paso de flamas y gases calientes suficientes para inflamar residuos de algodón en el lado no expuesto del conjunto.
- En el caso de juntas que formen parte de un conjunto de muro, permanecerán en su lugar cuando se someten a la prueba de chorro de manguera.

La prueba del chorro de manguera simula presiones e impactos tales como la caída de componentes del edificio y el choque con el material cortafuego de la junta.

Por extensión, si un conjunto resistente al fuego no tiene sus aberturas adecuadamente protegidas, entonces la eficacia del conjunto se verá comprometida.

Uno de los responsables a la hora de proporcionar juntas adecuadas es el ingeniero estructural. Dado que las juntas deben ser capaces de administrar el movimiento de edificios y conjuntos independientes, sin que por ello dejen de funcionar según lo previsto. Si el movimiento del edificio es superior al que el sistema cortafuego de la junta puede administrar, se podría crear una abertura, o la junta podría separarse y no proporcionar la protección requerida.

Por el contrario, si el movimiento reduce el espacio de la junta a un tamaño menor de lo previsto en el diseño, podría desplazar los materiales de la junta o generar aplastamiento de uno de los conjuntos o de los acabados. Por lo tanto, una de las primeras personas con las que se debe abordar el tema de los requisitos de las juntas debe ser el ingeniero estructural, él podría proporcionar orientación sobre el movimiento al que se enfrentará el sistema de juntas a lo largo de la vida útil del edificio.

4.2. Requisitos locales para sellos en juntas

La intención de este análisis no es poner en evidencia la falta o no consideración de requisitos o sistemas de seguridad, sino ser una guía de mejores prácticas actualizadas para el usuario, partiendo de la premisa de que los requisitos que establecen las regulaciones locales en estos países son considerados como “*mínimos*” y que en algunos de los casos no ayudan a alcanzar la reducción de riesgos o consecuencias por incendio.

Los requisitos respecto a la instalación de sistemas de compartimentación y el complemento a través de sellos cortafuego en los siguientes países, se describe como sigue:



Las NTC de Proyecto Arquitectónico ahora incluyen requisitos referentes a los elementos divisorios verticales (muros) y horizontales (entrepisos), los cuales deberán tener recubrimientos a fin de tener la resistencia al fuego indicada, considerando como resistencia al fuego, que los elementos están protegidos para mantener su integridad y el aislamiento de la temperatura.

Luego entonces, cuando se requieran juntas constructivas en elementos de separación vertical u horizontal que requieran tener resistencia al fuego para mantener el aislamiento y/o la integridad, estas deberán ser selladas con un sistema de sellado que mantenga el aislamiento y/o integridad de los elementos al menos por el tiempo de resistencia de los elementos.



Chile

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC) es de carácter obligatorio y los requisitos enunciados respecto a compartimentación están categorizados de acuerdo con el tipo y el número de pisos del edificio, dando una categorización de resistencia al fuego que va desde los 15 minutos a los 180 minutos.

Esta resistencia según se menciona depende del tipo de elemento a proteger. Sin embargo, a pesar de mencionar elementos de resistencia al fuego, no se describe forma clara cuales son las recomendaciones cuando se producen juntas o espacios entre elementos adyacentes.



Perú

En Perú, la sección A.130 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) menciona que cuando se requieran instalar selladores cortafuego, deberá presentarse un proyecto específico para tal fin, indicando los tipos, formas y materiales que atraviesan el cerramiento cortafuego. Este punto de vista da al usuario una idea de la necesidad de contar con sistemas de protección pasiva cortafuego. Sin embargo, no se abundan recomendaciones para el sellado de juntas cortafuego.



Colombia

La Norma Sismo Resistente NSR 10 de carácter obligatorio, en su capítulo J solicita que las áreas mayores a 1,000 m² sean divididas a través de muros cortafuego, mencionando que estos muros podrán tener aberturas para dar continuidad a circulaciones horizontales, siempre y cuando se tenga un sistema de cierre hermético contra el paso de humo y que asegure una hora de resistencia al fuego.

Adicionalmente, se hace mención de que cuando existan penetraciones para cables, bandejas de cables, conductos para cables, tuberías, tubos, ventilaciones de combustión y respiración, conductores eléctricos y juntas, deberán rellenarse con materiales cortafuego.



Argentina

En 1972 se emitió la Ley 19.587, la cual habla de higiene y seguridad. Esta ley menciona que debe existir un control de propagación horizontal y vertical, dividiendo el sector de incendio de acuerdo con el riesgo y al área en cuestión, esta área debe estar aislada a través de muros cortafuego y cuyas aberturas deben cerrarse a través de puertas cortafuego.

Por otro lado, el Código de Edificación de Buenos Aires si bien enuncia las condiciones de seguridad necesarias e incluye la protección pasiva como parte de los componentes esenciales, no proporciona una indicación de cómo lograr esta compartimentación cuando se tienen juntas cortafuego.

Para los siguientes países se harán un análisis conjunto al estar basados en el código de Seguridad Humana, NFPA 101.



Panamá



Ecuador



Uruguay



Costa Rica



República Dominicana

En Panamá, dentro de los procedimientos de revisión de proyectos del cuerpo de bomberos, se menciona que las normas de la National Fire Protection Association (NFPA) se deben cumplir como parte del código de seguridad.

Por otro lado, el Código Nacional de Edificación en Ecuador menciona una adopción de varias normas NFPA, entre ellas el Código de Seguridad Humana (NFPA 101), específicamente su capítulo 6.

Uruguay, a su vez toma como referencia el mismo código, mencionando que los muros cortafuego son membranas continuas o discontinuas formada por aberturas protegidas con una clasificación específica de protección contra el fuego, que está diseñada y construida con una determinada clasificación de resistencia al fuego, para limitar la expansión del fuego y para restringir, asimismo, el movimiento del humo. Además de definir cómo es que se realiza la compartimentación horizontal y vertical.

En Costa Rica, el Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios se basa en NFPA 101, aquí se menciona que las juntas realizadas dentro del o en el perímetro de las barreras cortafuego deben estar protegidas con un sistema de junta que sea capaz de limitar la transferencia de fuego y humo.

Finalmente, el Reglamento para la Seguridad y Protección contra incendios, R-032 de República Dominicana, recomienda compartimentar o subdividir en varias secciones los edificios de acuerdo con su ocupación, para evitar la propagación del fuego y para permitir la evacuación de sus ocupantes, en caso de incendio o emergencia. La compartimentación debe lograrse a través de elementos y materiales a prueba de fuego, de 2 horas mínimo y sellados desde el piso hasta el techo, para que el humo no pase de un lado a otro.

Dentro de la norma NFPA 101, se menciona que, las juntas realizadas dentro o entre conjuntos con resistencia al fuego deberán estar protegidas con un sistema de unión diseñado y probado para evitar la propagación del fuego durante un período de tiempo igual al del conjunto en el que se encuentra la junta.

Dichos materiales, sistemas o dispositivos deberán ensayarse como parte del conjunto de acuerdo con los requisitos del estándar ASTM E 1966, Método de ensayo estándar para sistemas de juntas resistentes al fuego, o UL 2079, Norma para ensayos de resistencia al fuego de sistemas de juntas de edificios.

Los códigos, normas y reglamentos desarrollados pueden dejar a criterio del diseñador, contratista o inspector los detalles sobre cómo realizar una compartimentación efectiva, es por eso por lo que es preferible consultar una guía completa que ofrezca una educación sobre los requisitos de sellado de dichos criterios.

A continuación, se exponen los criterios del International Building Code (IBC) a fin de proveer un procedimiento explicativo completo que detalle cómo es que se debe realizar el diseño.

4.3. Requisitos IBC para sellos en juntas

La sección 715 del IBC menciona que las intersecciones de sistemas con clasificación de resistencia al fuego, pisos o sistemas de piso/cielorraso y techos o sistemas de techo/cielorraso deben estar protegidas por un sistema de juntas resistentes al fuego aprobado diseñado para resistir el paso de fuego por un período de tiempo no menor a la clasificación de resistencia al fuego requerida del muro, piso o techo en el cual o entre los cuales está instalado.

Quizás el aspecto más importante de la sección 715.1 es la lista de excepciones en las que no se exige la instalación de sistemas de juntas. La gran mayoría de estas ubicaciones eliminan la necesidad de protección de juntas debido al hecho de que, alguna que otra disposición permitiría que un incendio eludiera el sistema de juntas para propagarse por otra ruta.

A continuación, se hace un rápido repaso y análisis de las distintas ubicaciones exentas por el IBC:

- Punto 1: En la Sección 713 y la Excepción 2 de la Sección 1019.3, el código permite aberturas verticales no ocultas y accesos de salida abiertos a escaleras dentro de una unidad de vivienda individual.
- Punto 2: Aunque no es habitual, esta disposición reconoce que un hueco puede utilizarse para proteger la abertura del piso y evitar así la propagación de un incendio de un nivel al siguiente. En esta situación no requiere protección en la abertura del piso debido al hecho de que las paredes del hueco contendrán y limitarán el potencial de incendio dentro del edificio. Esta disposición refleja el hecho de que las Secciones 712.1.1 y 713 se permiten aberturas verticales sin protección dentro de un cerramiento de hueco.
- Punto 3: Cuando el suelo esté situado dentro del espacio cerrado del atrio, el suelo es adyacente a una abertura del suelo y expuesto a otros niveles del edificio. En esta situación, el suelo se encuentra esencialmente dentro de los límites del ambiente abierto

del atrio, por lo tanto, el código no se centra en la propagación vertical del fuego o los gases calientes. Sin embargo, es importante tener en cuenta que esta excepción sólo es aplicable a las partes de los niveles situados dentro del recinto del atrio y no a todo el nivel del piso, a menos que se hayan aplicado las disposiciones de la Excepción 3 de la sección 404.6 y se haya tenido en cuenta el volumen del espacio en el control de humos. La figura 50 ilustra qué plantas pueden dejarse sin protección de juntas en conformidad con el punto 3.

- Punto 4: Al igual que en el caso de las plantas situadas dentro de atrios, que se trataron en el punto 3, en este punto elimina la necesidad de proteger las juntas para los pisos dentro de un centro comercial. La figura 51 ilustra esta situación y muestra los suelos a los que se aplica la excepción. Al aplicar esta disposición, es importante reconocer que la redacción limita la excepción a las plantas del centro comercial y no a todas las plantas del edificio. Por definición y en virtud de lo dispuesto en el artículo 402, el "centro comercial" es una zona peatonal común cubierta.
- Punto 5: Los sistemas de juntas resistentes al fuego están exentos de los niveles de los estacionamientos por una serie de razones. Sin embargo, los estacionamientos tienen una extensa lista de otros requisitos de protección en la Sección 406. Debido a que las disposiciones de las Secciones 712.1.10 y 406.5.9 permiten varias aberturas verticales sin protección dentro de estos. Además, en función de la cantidad y el tipo de combustible y la carga de combustible dentro de un estacionamiento, un incendio de un vehículo puede ser bastante extenso, pero a menudo no se propagará a los vehículos o zonas adyacentes.
- Punto 6: Los entresijos pueden considerarse conceptualmente similares a los suelos de atrios o centros comerciales, que están cubiertos por los puntos 3 y 4. El código no busca la separación dentro del mismo nivel, sino sólo entre pisos adyacentes. Este concepto está respaldado por la sección 505.2.3, que permite que un mezanine esté abierto y sin obstáculos.
- Punto 7: Este punto, que es aplicable a los muros donde se permiten aberturas sin protección en una pared exterior, estas disposiciones permiten la eliminación del sistema de juntas resistentes al fuego cuando los edificios están protegidos con rociadores con una distancia de separación de entre 1 m a 4.5 m o mayor.

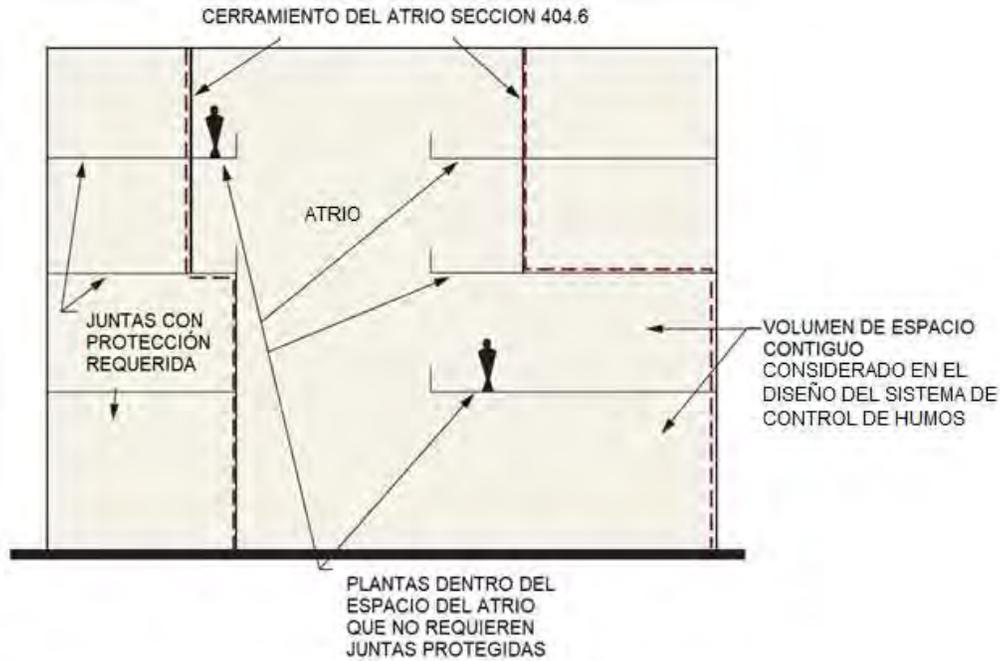


Figura 50. Juntas en atrio

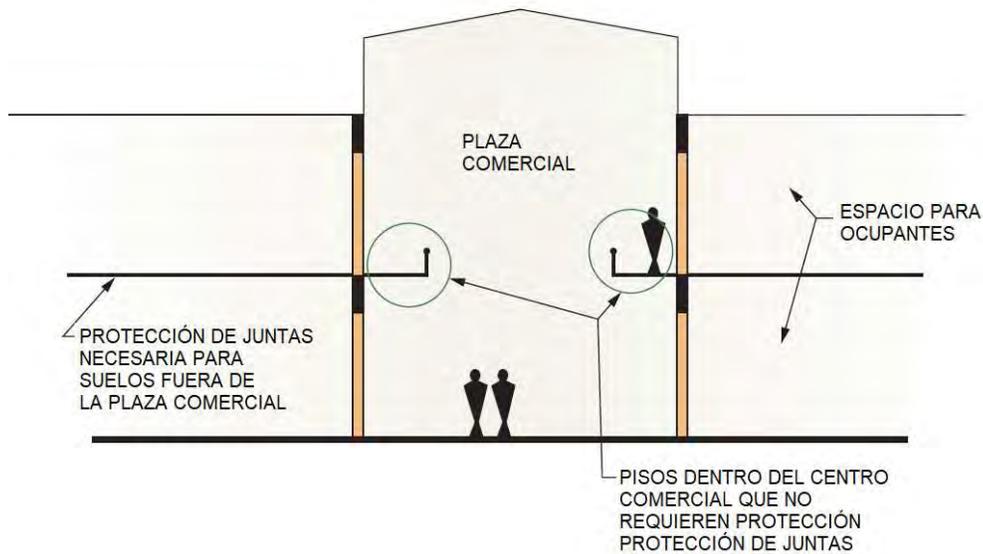


Figura 51. Juntas de piso dentro de un centro comercial

Cuando se utilicen las disposiciones de resistencia al fuego calculada de la Sección 722.2.1.4 para juntas entre paneles prefabricados de concreto, el código establece que las juntas no protegidas deben incluirse al determinar el porcentaje de aberturas permitido por la tabla 705.8. Además, el hecho de que la excepción en la Sección 715.3 permita que una junta sea ensayada para tener resistencia al fuego por un solo lado a 1,5 m, parece indicar que el código pretende

que las juntas se consideren como aberturas y se incluya en el porcentaje de aberturas de pared permitidas por la Sección 705.8. Si a los edificios sin muros corrugados se les permiten juntas no calificadas a 4.5 m EN el punto 7 de la sección 715.1, entonces no habría razón para la excepción de la Sección 715.3 para tratar las juntas no simétricas con una distancia de separación de fuego superior a 4.5m, a menos que las juntas se consideren aberturas protegidas según la sección 705.8.

- Punto 8: Los sistemas de juntas resistentes al fuego pueden eliminarse cuando se permiten aberturas dentro de un conjunto de cubierta resistente al fuego. En general, la Sección 712.1.15 permitirá aberturas sin protección a través de un conjunto de cubierta resistente al fuego ya que el código no aborda la propagación del fuego desde el edificio hacia el exterior. Sin embargo, varias disposiciones, como las excepciones 2, 3 y 4 de la Sección 706.6, la Excepción 4 de la Sección 705.11, la Sección 706.6.1 y otras prohíben las aberturas de techos en determinados lugares.
- Punto 9: La Sección 715 no tiene por objeto regular las juntas instaladas en arreglos que se proporcionan para el control del agrietamiento por contracción y evaluadas como parte del ensayo general de resistencia al fuego del conjunto.

Ejemplos de tales juntas de control son la junta de corte limitado en concreto o juntas de control de profundidad utilizadas dentro de la capa frontal de concreto. Estos tipos de juntas se realizan en un conjunto tal que las grietas superficiales se producen en puntos específicos a lo largo de una línea recta y no aleatoriamente a través de la superficie acabada. Las juntas de construcción, están destinadas a evitar la formación de grietas en el concreto o mampostería.

Las juntas de control en concreto o mampostería suelen permitir muy poco movimiento o no penetran en la superficie acabada. Por lo tanto, el punto 9 no exige el cumplimiento de la norma ASTM E 1966 o UL 2079, como se indica en la sección 715.3, ya que permite que las juntas de control con una anchura máxima de 5/8 de pulgada que se ensayen de acuerdo con ASTM E 119 o UL 263. Esta permisión refleja que los datos de ensayos de incendio han existido desde la década de 1960. El sistema de juntas no sufre daños apreciables ni fatiga del sistema. Dado que todos los edificios se mueven ligeramente, no es prudente tener que ciclar y probar sistemas de juntas que se mueven sólo unos milímetros.

Aunque las excepciones establecen claramente que los sistemas de juntas resistentes al fuego no son necesarios en estas 9 ubicaciones específicas (la excepción 10 se incluirá en el siguiente capítulo referente a juntas de fachada), el código no permitiría una abertura sin protección a través o entre conjuntos que pudiera poner en peligro la integridad estructural del conjunto resistente al fuego.

4.4. Sistemas de juntas en barreras corta humo

La última disposición de la sección 715 aborda las situaciones en las que una junta se produce dentro de una barrera corta humo y establece que la junta debe tener una clasificación LR (clasificación de fuga de aire) que no supere los 5 pies cúbicos por minuto (cfm) de fuga de aire por pie lineal de longitud de junta a 0,30 pulgadas de agua de presión, tanto para las pruebas a temperatura ambiente como a temperatura elevada.

Este índice de fuga de aire debe determinarse utilizando el estándar de ensayo UL 2079, ya que el estándar ASTM E 1966 no incluye esta clasificación y, como tal, no se hace referencia a ella en los criterios de ensayo de incendio de la sección 715.8 de IBC. Las disposiciones de la sección 715.8 son aplicables tanto a los conjuntos horizontales que sirven de barreras corta humo, como a las paredes construidas de acuerdo con la Sección 709. Según el IBC, las barreras corta humo pueden requerirse o instalarse en una serie de localizaciones incluyendo:

- Ocupaciones de los grupos I-2 e I-3 de acuerdo con las secciones 407.5 y 408.6
- Como parte de un sistema de control de humos según la sección 909.5
- Un medio accesible de salida y un área accesible de refugio según Secciones 1009.6 y 1009.6.4
- Para compartimentar edificios subterráneos o proteger los ascensores y vestíbulos dentro de ellos según las Secciones 405.4.2 y 405.4.3.
- Para proteger los vestíbulos de los ascensores según los apartados 3007.6.2 y 3008.6.2

La clasificación LR de un conjunto ensayado se verifica tanto a la temperatura ambiente y a temperaturas elevadas para garantizar que el producto puede realizar su función prevista en una amplia gama de temperaturas.

La realización de la prueba de fugas a ambas temperaturas ayuda a eliminar productos que son eficaces en un extremo de la gama de temperaturas, pero carecen de las características necesarias para detener la propagación del humo cuando están expuestos a las diferentes situaciones que se pueden encontrar en el código.

Los usuarios también deben tener en cuenta que la prueba de estanqueidad al aire es una prueba opcional dentro de la norma UL 2079. Por lo tanto, no todos los conjuntos que indiquen que se han ensayado de acuerdo con la norma UL 2079 se han ensayado para establecer una clasificación LR. Como norma de ensayo básica, la norma UL 2079 es similar a la norma ASTM E 1966 en el hecho de que es aceptada por la sección 715.3.1 de IBC, para determinar la resistencia al fuego de un sistema de juntas, pero los de la sección 715.8 sólo pueden verificarse mediante la prueba de fugas adicional y opcional.

4.5. Estándares de ensayo para juntas

En Latinoamérica, existen diferentes estándares, regularmente cuando existen entidades de normalización, los estándares desarrollados se basan en normas ISO.

Tabla 6. Estándares de ensayo para Sistemas de sellos en juntas

País	Estándar aceptado / desarrollado	Nombre	Base	Laboratorio local
México	NMX-C-307-3-ONNCE-2019	Industria de la construcción- edificaciones-resistencia al fuego de elementos y componentes-parte 2: sellos cortafuego en juntas	Combinación de: ISO 834-1:1999 ISO 10295-2:2009 ASTM E1966	No
Chile	UL 2079 ASTM E1966	Ensayos de fuego de sellos en juntas	No aplica	Si
Perú	No definido, pero indicado como sistemas UL			Sin información
Colombia	UL 2079 ASTM E1966	Ensayos de fuego de cortafuego en juntas	No aplica	No
Argentina	No definido			No
Panamá Ecuador Uruguay Costa Rica República Dominicana	UL 2079 ASTM E1966	Ensayos de fuego de sellos en juntas	No aplica	No No No No No

En el IBC, la sección 715.3.1 establece los criterios de ensayo utilizados para determinar la idoneidad de los sistemas de juntas resistentes al fuego en aplicaciones específicas. El código exige que los sistemas de juntas se prueben de acuerdo con los estándares ASTM E 1966 o UL 2079, que son esencialmente equivalentes. Estos estándares evalúan los sistemas de juntas que protegen las aberturas lineales entre conjuntos adyacentes resistentes al fuego.

Las pruebas que requiere el sistema de juntas deben cumplir muchos de los requisitos que las pruebas ASTM E 119 o UL 263 para muros o los conjuntos horizontales, como la capacidad para restringir el paso de las flamas, limitar la transmisión de temperatura, prueba de chorro de manguera y mantener la capacidad de carga si es necesario y en este caso se centran en la junta y en su capacidad para soportar los ciclos de movimiento previstos sin dejar de funcionar.

La prueba ASTM E 1966 no evalúa el nivel de fuga de humo LR y, por lo tanto, cuando son necesarias barreras corta humo, la sección 715.8 especificará que las pruebas se realicen conforme a la norma UL 2079 y exigirá una clasificación LR con un índice de fuga de aire máximo de 5 ft³/min-ft

De forma similar al requisito de ensayo de la construcción de muros no simétricos, en el apartado 703.2.1, cualquier sistema de juntas no simétricas destinado a la instalación en conjuntos de paredes también debe ser ensayado por ambas caras. La clasificación de resistencia al fuego asignada se establece utilizando la duración más corta obtenida de los dos ensayos.

La figura 52 ilustra un ejemplo de sistemas de juntas ignífugas simétricas y no simétricas. Sin embargo, el IBC proporciona dos opciones que aceptarían una junta no simétrica probada desde un solo lado:

El texto del párrafo base de la Sección 715.3 permite que la junta se ensaye desde el lado menos resistente al fuego (si se puede establecer) y que la resistencia al fuego se establezca sobre la base de ese único ensayo.

La excepción de la Sección 715.3 permitirá que los sistemas de juntas en una pared exterior con una distancia de separación al fuego superior a 1,5 m se ensayen sólo para la exposición al fuego interior.

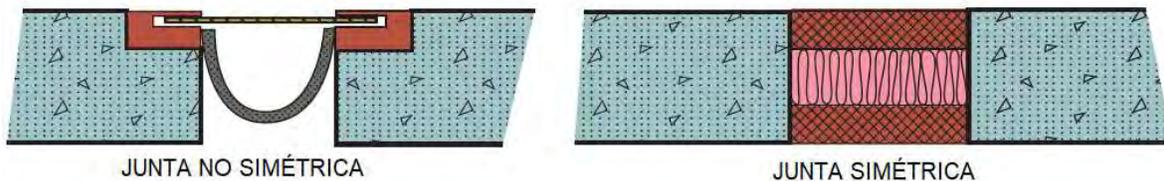


Figura 52. Juntas simétricas y no simétricas

Como parte de los criterios de ensayo, cada sistema de juntas debe evaluar el efecto de un empalme dentro de la junta. Un empalme dentro de la junta puede afectar al comportamiento frente al fuego. Este requisito de la Sección 715.2: una junta debe instalarse de forma segura según lo especificado en las instrucciones de instalación del fabricante y el listado del sistema para toda la longitud de una junta.

Las juntas instaladas generalmente superan las longitudes evaluadas durante el ensayo de fuego, y dichas juntas pueden exceder la longitud de los sistemas de juntas prefabricadas o tener juntas frías en las que la instalación del sistema en sitio puede verse afectada. Por lo tanto, este requisito del estándar de ensayo para evaluar los empalmes dentro de una junta

ayuda a garantizar que la longitud instalada sea capaz de funcionar tan bien como la muestra ensayada.

Tras el proceso de ensayo, cada uno de los sistemas de juntas resistentes al fuego es publicado en el directorio de productos ensayados por un laboratorio de tercera parte, donde los fabricantes elaboran instrucciones de instalación de sus productos específicos. La sección 715.2 requiere que los sistemas sean instalados de acuerdo con los requisitos de su listado para garantizar que el sistema de juntas será capaz de funcionar según lo previsto. Debido a la variedad de productos, soluciones y métodos de instalación disponibles, es importante que el proyectista, el instalador y el inspector tengan acceso a los requisitos de listado de cada uno de los sistemas.

Como se explica en los capítulos anteriores, los diseños de sistemas de juntas cortafuego son probados y listados por agencias de pruebas independientes como Underwriters Laboratories (UL), ICC, Intertek, etc. Todos los elementos clave de cada diseño forman parte del listado. La prueba de resistencia al fuego para la junta se realiza mediante múltiples estándares disponibles en todo el mundo. Sin embargo, en la práctica, se ha observado que, en Latinoamérica las normas ASTM E1966 y UL 2079 son reconocidas por los arquitectos y consultores.

Según las normas ASTM y UL, cuando se prueban las juntas cortafuego, se califican como juntas estáticas o dinámicas. Para que un sistema cortafuego sea calificado como junta dinámica, las normas UL y ASTM exigen que se someta a una prueba cíclica antes de la prueba de resistencia al fuego.



Figura 53. Prueba de ciclado bajo ASTM E1399

Tabla 7. Prueba de ciclado- ASTM E1399

Clasificación de movimiento	Ciclos mínimos	Frecuencia
I	500	1 ciclo/min
II	500	10 ciclos/min
III	100	30 ciclos/min
IV	100	30 ciclos/min
	400	10 ciclos/min

La siguiente tabla describe las características clave de los estándares locales en Latinoamérica, ASTM, UL, EN y BS a la hora de realizar ensayos de resistencia al fuego para sistemas de juntas cortafuego.

Tabla 8. Análisis de estándares utilizados a nivel Latinoamérica para juntas

Lugar y año de emisión	Estándar	FR/ clasificación del sistema	TR Transmisión de calor	Prueba de chorro de manguera	Resistencia al paso de humo
Estados Unidos 2015/ 2019	UL 2079	☑	☑	☑	☑
	ASTM E1966	☑	☑	☑	✗
Unión Europea 2021	EN 1366-4	☑	☑	✗	✗
Reino Unido 1987	BS 476-20	☑	☑	✗	✗
Internacional 2009	ISO 10295-2	☑	☑	✗	✗
México 2020	NMX-C-307-3-ONNCCE	☑	☑	☑	✗

Se considera que, Perú, Colombia, Argentina, Panamá, Ecuador, Costa Rica, Uruguay y República Dominicana, el estándar adoptado de acuerdo con las normas, códigos y reglamentos locales es UL 2079 y ASTM E1966, ver tabla 6.

4.6. Criterios de falla para juntas cortafuego

Ver sección 3.4 de esta guía

4.7. Juicios de ingeniería para juntas cortafuego

Ver sección 3.9 de esta guía.

4.8. Selección de sistemas de juntas

Para elegir un sistema, necesitamos conocer los detalles básicos de la aplicación.

- ¿Qué tipo de ensamblajes del edificio forman la junta? - Piso/Piso, Piso /Muro, Muro/Muro, Parte superior del muro/techo.
- ¿De qué tipo de material es el conjunto? - Concreto, mampostería, yeso
- ¿Cuál es la clasificación de resistencia al fuego que se busca? - FR (1 -4 horas)

- Qué tamaño de junta se requiere (pulgadas)
- ¿Cuánto movimiento se requiere? - Debe administrar el movimiento (% del tamaño de la junta)
- ¿Hay alguna consideración especial? - Condiciones, exposición ambiental, certificados verdes

Para el caso de los sistemas UL, pueden seleccionarse en los siguientes enlaces:

- <https://iq.ulprospector.com/info/>
- www.icc-es.org
- www.icc-nta.org
- <https://constructionplatform.hilti.com/>

Navegando UL

HW-D-0286 – parte superior de muro

Los primeros dos caracteres indican tipo de sistema que conforman la junta.

Combinación de muros y pisos

- **FF** = Piso a piso
- **WW** = Muro a muro
- **FW** = Muro a piso
- **HW** = Parte superior de muro

El segundo carácter indica la capacidad de movimiento del sistema

- **D** = Dinámica (capacidad de movimiento)
- **S** = Estática (sin capacidad de movimiento)

Componente numérico

El primer dígito identifica la anchura del sistema de juntas, los tres siguientes son la numeración secuencial del sistema.

- 0000-0999 = junta \leq 2 pulgadas
- 1000-1999 = junta $>$ 2 pulgadas \leq 6 pulgadas
- 2000-2999 = junta $>$ 6 pulgadas \leq 12 pulgadas
- 3000-3999 = junta $>$ 12 pulgadas \leq 24 pulgadas
- 4000-4999 = junta $>$ 24 pulgadas

Siguiendo los pasos que se indican a continuación, puede identificar fácilmente cualquier sistema cortafuego.

Paso 1: Acceda a www.ul.com

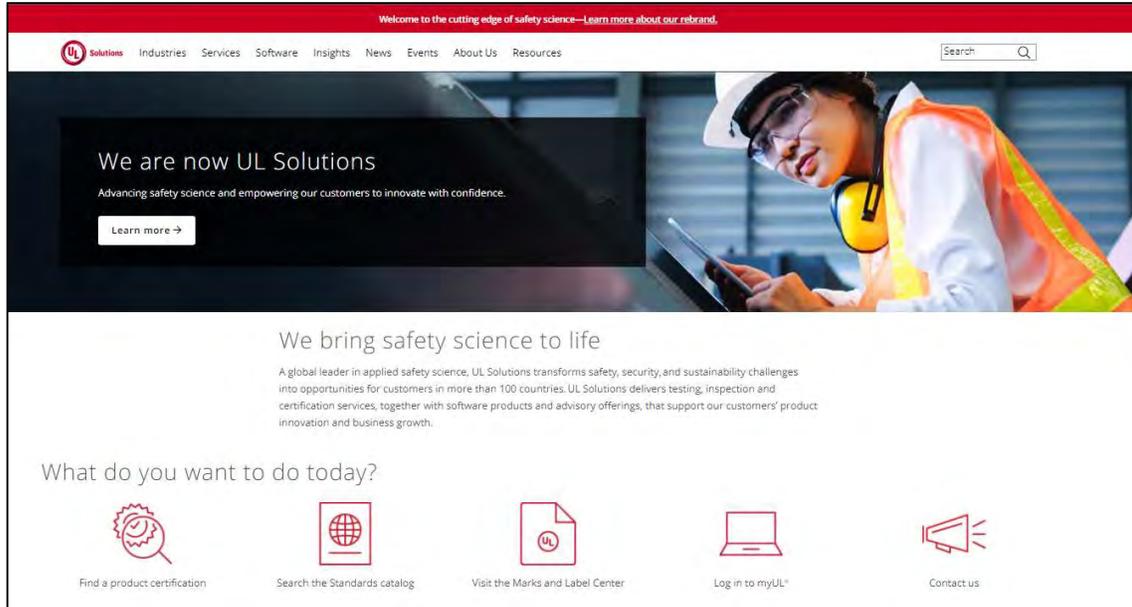


Figura 54. www.ul.com

Paso 2: De clic en el enlace “Find a product certification”

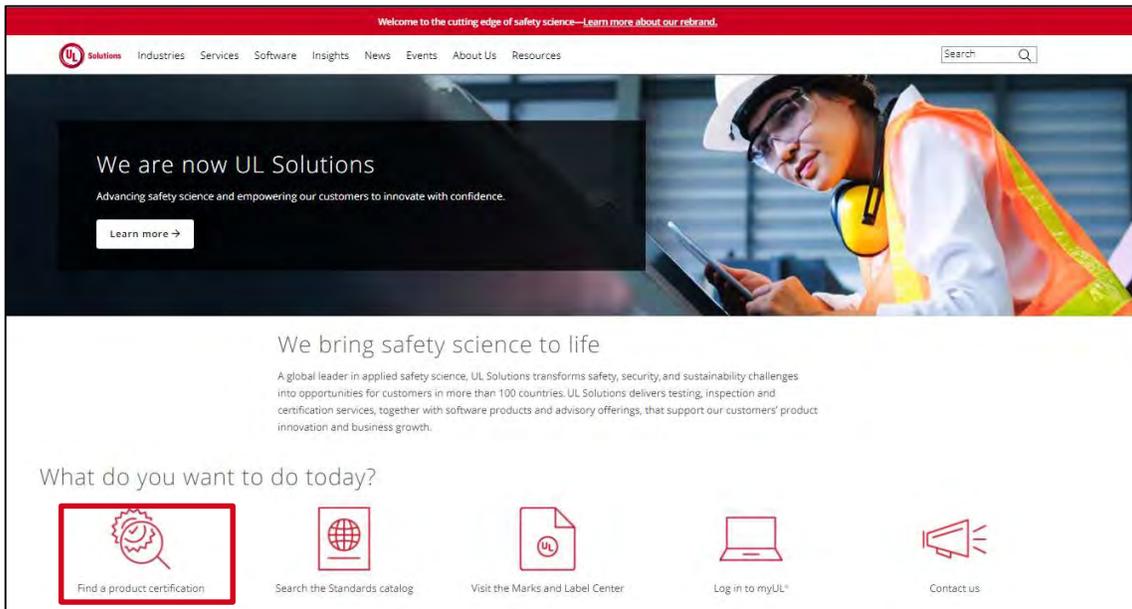


Figura 55. Paso 2

Paso 3: Inicie sesión en UL Product iQ

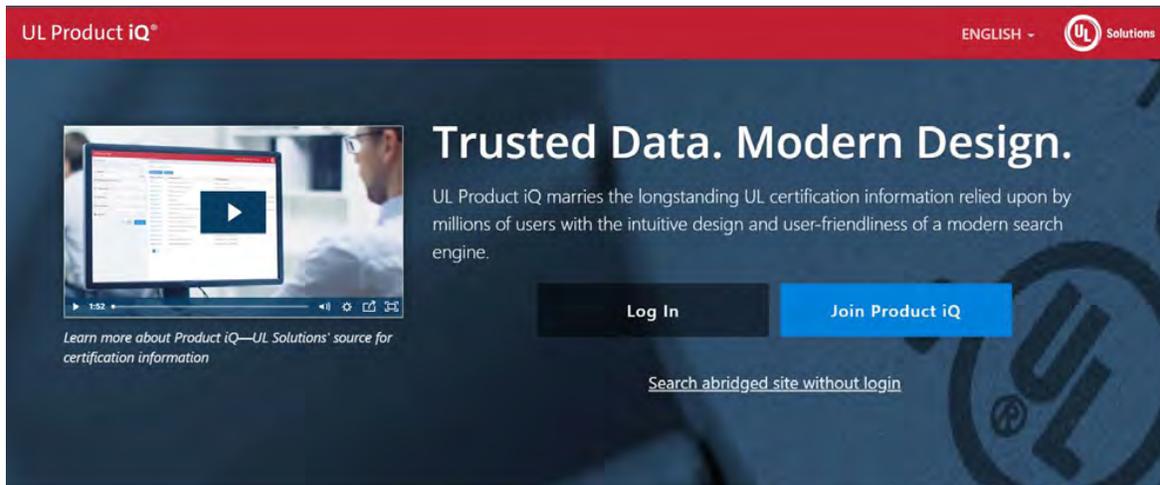


Figura 56 Paso 3

Paso 4: Dentro de la sección “Building Materials, Systems and Installations Codes, buscar “Joint Systems”.

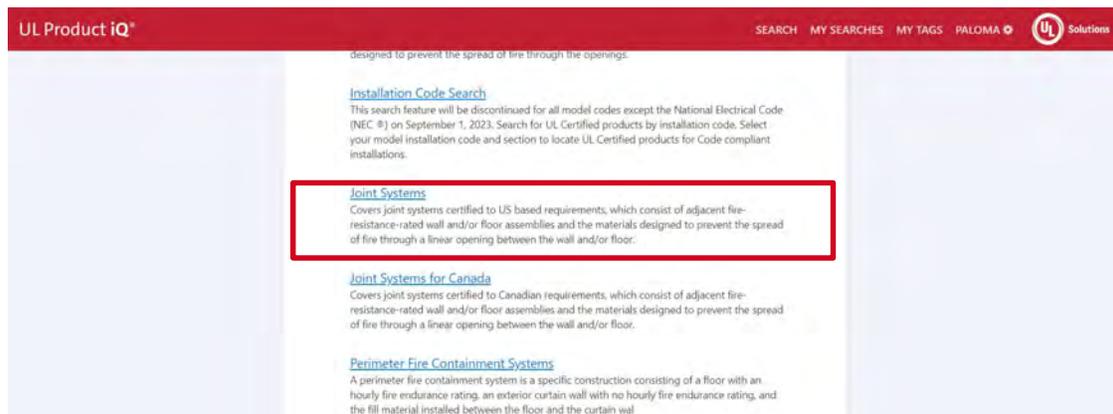


Figura 57. Paso 4

Paso 5: Utilice la pestaña refinar resultados para poner el criterio por el cual sistema cortafuego se está buscando.

Por ejemplo:

- Tipo de sistema de juntas – Parte superior de muro
- Clasificación F del filtro - 2 horas
- Movimiento – Clase I Dinámica
- Ancho nominal de la junta – 2 in

Cuando seleccionemos estos filtros, aparecerán múltiples sistemas cortafuego. A partir de estos sistemas, se puede buscar el más adecuado dependiendo del caso.

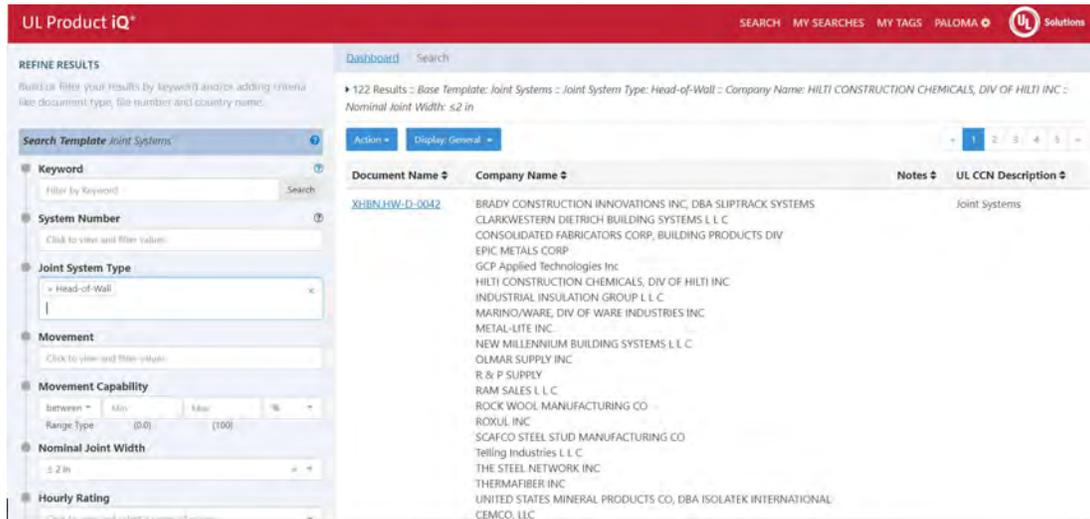


Figura 58. Paso 5

Paso 6. Escoja el sistema correcto, consultando los detalles del sistema cortafuego. A continuación, se muestra un ejemplo en detalle:

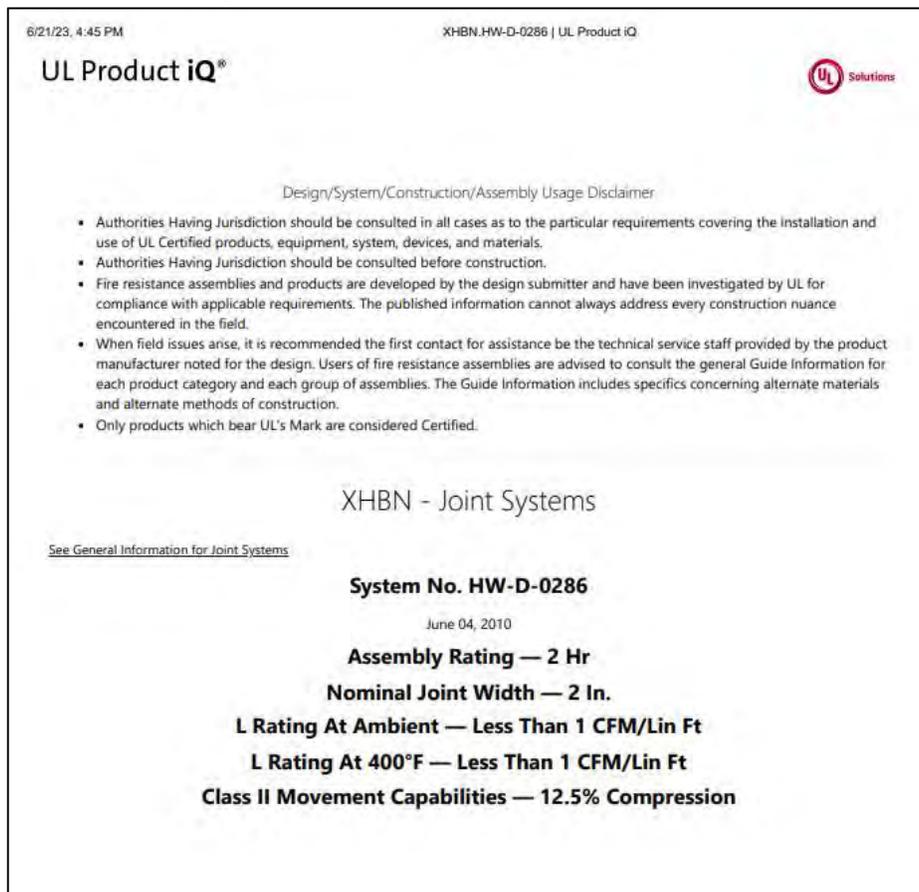


Figura 59. Paso 6

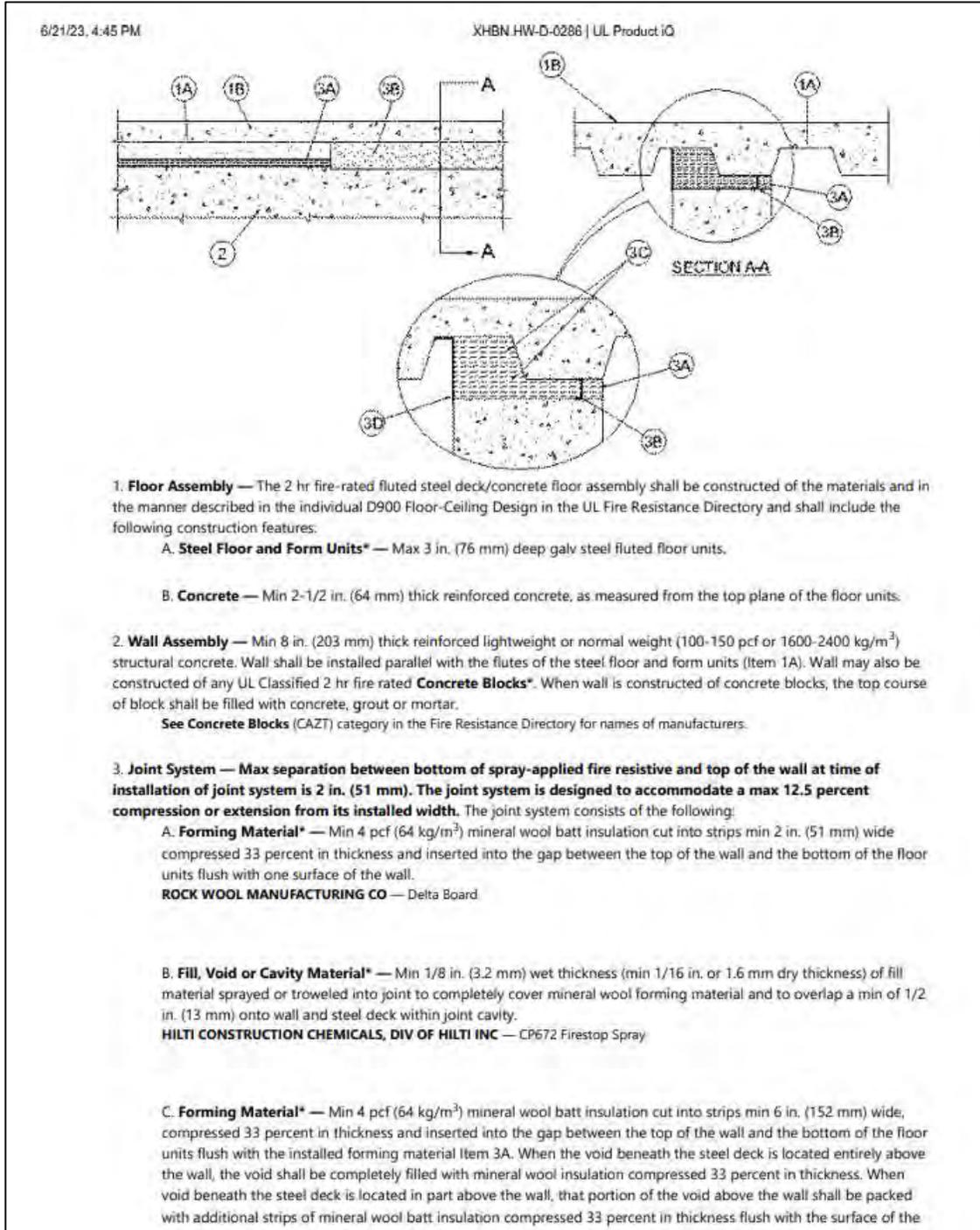


Figura 60. Paso 6

4.9. Instalación e inspección de sellos en juntas

4.9.1. Directrices del IBC

- 110.3.8 Penetraciones resistentes al fuego y al humo: Las protecciones de juntas y penetraciones en sistemas clasificados como resistentes al fuego, barreras cortahumo y bloques cortahumo no deben estar ocultas de la vista hasta que hayan sido inspeccionadas y aprobadas.
- 107.2.1- Información de los documentos de construcción. Se permite la presentación de documentos en formato electrónico cuando sea aprobado por el funcionario de la edificación. Los documentos de construcción deben ser lo suficientemente claros para indicar la ubicación, naturaleza y extensión del trabajo propuesto y mostrar en detalle que cumplirá las disposiciones del IBC y de leyes, ordenanzas, reglas y reglamentos relevantes, según lo determine el funcionario de la edificación.
- 107.3.4. - Documentos de construcción corregidos. El trabajo debe instalarse de acuerdo con los documentos de construcción aprobados, y cualquier cambio producido durante la construcción que no esté de acuerdo con los documentos de construcción aprobados, debe presentarse nuevamente para su aprobación como juego corregido de documentos de construcción.

4.9.2. Inspección especial

- 1705.16 Penetraciones y juntas resistentes al fuego. En edificios de gran altura o en edificios asignados a la categoría de riesgo III o IV de acuerdo con la Sección 1604.5, se deben someter a inspecciones especiales para penetraciones pasantes, sistemas de juntas resistentes al fuego y sistemas de barreras perimetrales contra incendios que hayan sido ensayados y figuren en el listado.
- 1705.1.1 Casos especiales. Se exigirán inspecciones especiales para trabajos propuestos que sean, a juicio del oficial de construcción, inusuales por su naturaleza
- Los estándares ASTM son exigidos en el punto 1705.16 para los procedimientos de inspección (ASTM E2174 y ASTM E2393).



5. SELLOS EN JUNTAS DE FACHADAS



Figura 61

La construcción de edificios de gran altura es cada vez común en Latinoamérica, hoy en día vemos como la demanda de espacio se tensa, derivado del crecimiento de población y estos edificios además de proveer una solución viable, proyectan una imagen de progreso económico. Entre los años 1950 al año 2000, se construyeron 12 de los edificios más altos de Latinoamérica, entre el año 2000 al 2015, se construyeron 46 y sólo en los últimos 8 años, 41. Esto quiere decir que la construcción de edificios de gran altura en Latinoamérica ha crecido en un 500% en los últimos 9 años.



Fuente: Adaptado de listado de 100 edificios más altos de Latinoamérica

Recientemente se han producido numerosos incendios en fachadas de edificios altos en todo el mundo y han generado grandes consecuencias. Estos incidentes suponen un peligro para la seguridad de los ocupantes del edificio y a las personas de las propiedades vecinas, ya que causan daños al edificio y suponen un reto para los servicios de bomberos y emergencias.

En las construcciones de gran altura, es un reto para los bomberos llegar a los pisos afectados por el fuego, porque la longitud de las escaleras, mangueras y el chorro de agua están limitados en su alcance.

Los otros retos a los que se enfrentan estas estructuras es la evacuación de los ocupantes, ya que suponen grandes distancias a través de escaleras y el estrés físico que conlleva. Por lo tanto, en las estructuras de gran altura, la seguridad contra incendios es una prioridad suprema y la protección pasiva contra incendios se convierte en el componente clave que proporciona seguridad a los ocupantes, a la misma estructura y el tiempo extra que requieren los bomberos para intervenir, en caso de ser necesario.

En el mundo urbanizado, la tendencia en la mayoría de estos edificios altos que se ha observado es el uso cada vez mayor de muros cortina o fachadas acristaladas. Estos muros cortina se convierten en el factor exterior de cualquier edificio, pero también desempeñan un papel fundamental en la eficiencia energética y la sustentabilidad del edificio. Sin embargo, desde el punto de vista de la seguridad, estas estructuras envueltas por un sistema de muro cortina plantean un reto.

Además de las características específicas de los sistemas de muro cortina, hay que tener en cuenta otros aspectos relacionados. Durante el diseño y la construcción o la rehabilitación, es necesaria una buena base normativa y la adopción de estándares de ensayo que impacten positivamente en el comportamiento de una fachada en caso de incendio. Evitar o comprometer la protección del sistema de juntas de fachada con sistemas no probados, significa comprometer la seguridad de las personas.

Las barreras perimetrales contra incendios son uno de los sistemas exigidos por el IBC y es una eficaz solución para lograr resistencia al fuego y al humo; bajo la metodología de compartimentación. En este capítulo describiremos los detalles de los sistemas cortafuego perimetrales para muros cortina. Antes de seguir adelante, vamos a discutir los fundamentos de un sistema de muro cortina.

5.1. Tipos de fachada y juntas

Los tipos de fachada a instalar en cada edificio, va a depender del diseño arquitectónico, a continuación, se presentan los más comunes.

Sistema unitizado



Figura 62

Sistema de aislamiento exterior y acabado



Figura 63

Sistema stick



Figura 64

Muro de cristal



Figura 65

5.2. Tipos de muro cortina

Los sistemas de muro cortina son sistemas hechos en fábrica y montados en obra, en la mayoría de los casos y se instalan, panel por panel. Hay dos tipos según la forma en que se ensambla cada componente.

5.2.1. Sistema de muro cortina stick

El sistema de muro cortina Stick implica que sus componentes se ensamblen pieza a pieza en sitio. Se instalan principalmente en edificios de poca altura. Esto se debe a que para alcanzar mayores elevaciones se necesita un acceso exterior y para ello se necesitan andamios y grúas. Este sistema tiene la ventaja de su bajo coste de transporte, ya que se pueden realizar ajustes en sitio. Pero el consumo de tiempo y mano de obra, regularmente son altos.



Figura 66. Sistema stick

5.2.2. Sistema de muro cortina unitizado

Los sistemas de muro cortina unitizados consideran el ensamblaje mediante unidades entrelazadas que se compran en fábrica. El tamaño del muro cortina unitizados depende de la altura entre plantas del edificio, del transporte e instalación a lo ancho de la fachada. No requieren soportes exteriores como grúas o andamios. Sólo mini grúas o polipastos temporales para mantenerlo firme durante la instalación.

Los sistemas de muro cortina unitizados ofrecen la ventaja de una construcción más rápida y una mayor calidad gracias a la fabricación y construcción más rápida.

Sin embargo, los gastos de envío son elevados debido a la necesidad de una mayor protección durante el transporte.



Figura 67. Sistema Unitizado

En este punto es muy importante comprender los diferentes requisitos de seguridad contra incendios en estos dos sistemas debido a su diferente estilo de instalación y aplicación.

En los sistemas stick, el elemento primario son los paneles de fachada que se fijan en la parte exterior de la pared dejando un espacio de aire que se aísla posteriormente. Los paneles de fachada stick existen en una amplia gama de configuraciones y a menudo, son combustibles.

Por lo tanto, la norma NFPA 285 ("Método estándar de ensayo de incendio para la evaluación de las Características de Propagación del Fuego de los Conjuntos de Paredes Exteriores que contienen componentes combustibles") es utilizado para probar y evaluar la combustibilidad de estos sistemas de paredes exteriores.

Mientras que en el sistema unitizado, los sistemas de fachada se fijan a un soporte que se extiende hacia fuera desde el conjunto del suelo y este suele dejar una abertura longitudinal entre el suelo y los paneles de la fachada, que suele oscilar entre 50 mm y 200mm o 250 mm de ancho.

Debido a esta situación particular, ASTM creó y publicó el estándar de ensayo ASTM E2307 que reproduce una situación similar de un muro cortina unificado en un horno de pruebas y evalúa su rendimiento para resistir la propagación del fuego.

Por lo tanto, es importante no confundir los estándares NFPA 285 y ASTM E2307. NFPA 285 es una prueba que mide la propagación del fuego en sistemas stick y ASTM E2307 es una prueba que mide la integridad del compartimento cuando se crean configuraciones de muros cortina unitizados.

En este capítulo, nos centraremos en el estándar ASTM E2307 y en la configuración de muros cortina unificados desde la perspectiva de los sistemas cortafuego.

Una de las cuestiones básicas que hay que entender en la ciencia del fuego de fachadas, son los mecanismos de propagación del fuego, los principales son:

1. Interior: Los gases calientes y las flamas presentes en el suelo hacen contacto con el perímetro de la barrera cortafuego y las superficies interiores de los muros cortina.
2. Exterior: Los gases calientes y las flamas consiguen romper el cristal, impactando desde el exterior.
3. Exterior: Los gases calientes y las flamas que han roto el acristalamiento irradian el calor hacia y a través del cristal al interior del edificio

5.3. Requisitos locales para juntas de fachada

La intención de este análisis no es poner en evidencia la falta o no consideración de requisitos o sistemas de seguridad, sino ser una guía de mejores prácticas actualizadas para el usuario, partiendo de la premisa de que los requisitos que establecen las regulaciones locales en estos

países son considerados como “*mínimos*” y que en algunos de los casos no ayudan a alcanzar la reducción de riesgos o consecuencias por incendio.

Los requisitos respecto a la instalación de sistemas de compartimentación y el complemento a través de sellos cortafuego en los siguientes países, se describe como sigue:



Las Normas Técnicas Complementarias (NTC) de Proyecto Arquitectónico de la Ciudad de México ahora incluyen requisitos referentes a los elementos divisorios verticales (muros) y horizontales (entrepisos), los cuales deberán tener recubrimientos a fin de tener la resistencia al fuego indicada, considerando como resistencia al fuego, que los elementos están protegidos para mantener su integridad y el aislamiento de la temperatura.

Luego entonces, los sistemas de fachada con barreras de material combustible que se instalen en edificaciones con más de 12 m de altura deberán cumplir lo establecido en la norma extranjera NFPA 285. Este requisito no aplicará cuando la barrera sea el único material combustible del sistema y tenga un recubrimiento de material no combustible o cuando se tiene un índice de propagación de flama igual o menor a 25 y un índice de desarrollo de humo igual o menor a 450, determinados conforme a la Norma Mexicana NMX-C-294 (1980) o las normas extranjeras ASTM E84 o UL 723.

Por otro lado, los sistemas de fachada con paneles metálicos compuestos que se instalen en edificaciones con más de 12 m de altura deberán cumplir lo establecido en la norma extranjera NFPA 285. Este requisito no aplicará cuando no cubra más de un 10% de la fachada.

Los sistemas de fachada con paneles laminados comprimidos que se instalen en edificaciones con más de 12 m de altura deberán cumplir lo establecido en la norma extranjera NFPA 285.

Es importante resaltar que no existen consideraciones o requisitos para sistemas unitizados, sino únicamente para sistemas stick y el sistema unitizado es uno de los más utilizados en los nuevos edificios en México.



La Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC), menciona que en edificios con muro cortina, de existir separación entre dicho muro y los entrepisos o con los muros divisorios, ella deberá rellenarse de tal modo que el conjunto asegure, como mínimo, la resistencia al fuego correspondiente a la clase F-60, según la norma NCh 935/1 o la que la reemplace. Es importante mencionar que la NCh 935/1 es una norma que no es específica para ensayos de juntas de fachada.

Adicionalmente, la OGUC menciona que los edificios de 10 o más pisos con muro cortina, deberán contar en todos los pisos con dinteles de una altura igual o mayor al 10% de la altura

de dicho piso, y en el segundo piso y superiores, con antepechos de una altura de 0,90 m, la que podrá ser menor, siempre que como mínimo equivalga al 20% de la altura de cada piso.

Estos elementos deberán asegurar, como mínimo, la resistencia al fuego correspondiente a la clase F-60. Para este punto se exceptúan los edificios que cuenten con un sistema automático de extinción de incendio avalado por un Estudio de Seguridad, y que en dicho estudio justifique un rango de seguridad igual o mayor.



Perú

En Perú, el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) no menciona específicamente requisitos para la protección al fuego de sistemas de fachada. Sin embargo, menciona que la instalación de selladores cortafuego deberá presentarse un proyecto específico para tal fin, indicando los tipos, formas y materiales que atraviesan el cerramiento cortafuego, podría extrapolarse al sistema de fachadas.



Colombia

La Norma Sismo Resistente NSR 10 de carácter obligatorio, en su capítulo J solicita que las áreas mayores a 1,000 m² sean divididas a través de muros cortafuego, mencionando que estos muros podrán tener aberturas para dar continuidad a circulaciones horizontales, siempre y cuando se tenga un sistema de cierre hermético contra el paso de humo y que asegure una hora de resistencia al fuego.

Adicionalmente, se hace mención de que cuando existan penetraciones para cables, bandejas de cables, conductos para cables, tuberías, tubos, ventilaciones de combustión y respiración, conductores eléctricos y juntas, deberán rellenarse con materiales cortafuego.



Argentina

En 1972 se emitió la Ley 19.587, la cual habla de higiene y seguridad. Esta ley menciona que debe existir un control de propagación horizontal y vertical, dividiendo el sector de incendio de acuerdo con el riesgo y al área en cuestión, esta área debe estar aislada a través de muros cortafuego y cuyas aberturas deben cerrarse a través de puertas cortafuego.

Por otro lado, el Código de Edificación de Buenos Aires si bien enuncia las condiciones de seguridad necesarias e incluye la protección pasiva como parte de los componentes esenciales, no proporciona una indicación de cómo lograr esta compartimentación se consideran sistemas de fachada.

Para los siguientes países se harán un análisis conjunto al estar basados en el código de Seguridad Humana, NFPA 101.



Panamá



Ecuador



Uruguay



Costa Rica



República
Dominicana

Como se ha mencionado en capítulos anteriores estos países han adoptado los requisitos del código de seguridad humana NFPA 101, sin embargo, muchas de las veces cuando se trata de sistemas muy específicos, los requisitos no son tan conocidos.

Dentro de la norma NFPA 101, se mencionan requisitos en el punto 8.3.6.7 para los muros cortina exteriores y juntas perimetrales, estos son: los huecos creados entre el conjunto de piso con resistencia al fuego y el muro cortina exterior deben protegerse con un sistema de junta perimetral diseñado y probado de acuerdo con el estándar ASTM E 2307, Método de ensayo estándar para la resistencia al fuego de barreras perimetrales contra incendios utilizando aparatos de escala intermedia.

El sistema de junta perimetral debe tener una clasificación FR igual a la clasificación de resistencia al fuego del conjunto del piso.

Adicionalmente, el estándar NFPA 285 describe cómo deben protegerse los sistemas de fachada que consideran en sus componentes materiales combustibles.

5.4. Requisitos IBC para juntas en fachada

En lo que respecta al IBC, la sección 715.4. exige que los vacíos creados en la intersección de los sistemas de muro cortina exterior y pisos con clasificación de resistencia al fuego o sistemas de piso/cielorraso deben estar protegidos con un sistema de contención de fuego perimetral aprobado para evitar la propagación de fuego interior. Tales sistemas deben proveer una clasificación **FR** para un periodo de tiempo no menor a la clasificación de resistencia al fuego del sistema de piso o sistema de piso/cielorraso.

Por otro lado, el punto 715.4.1, referente a los criterios de ensayo de fuego, menciona que los sistemas de contención de fuego perimetral deben ensayarse de acuerdo con los requisitos de ASTM E2307.

Excepción: Debe permitirse que los vacíos creados en la intersección de los sistemas de muro cortina exterior y sistemas de piso donde el vidrio de visión se extiende al nivel terminado de piso estén protegidos con un material aprobado para evitar la propagación de fuego interior. Dicho material debe instalarse de manera segura y capaz de evitar el pasaje de llama y gases calientes suficientes para encender residuos de algodón cuando esté sujeto a condiciones de tiempo-temperatura de ASTM E119, bajo un diferencial de presión positivo mínimo de 0.01

pulgada (0.254 mm) de columna de agua (2.5 Pa) para un periodo de tiempo no menor de la clasificación de resistencia al fuego del sistema de piso.

Adicionalmente, el punto 715.5 referente a intersecciones de muro cortina exterior/sistema de piso sin clasificación de resistencia al fuego, menciona que los vacíos creados en la intersección de sistemas de muro cortina exterior y sistemas de piso o piso/cielorraso sin clasificación de resistencia al fuego deben llenarse con un material o sistema aprobado para retardar la propagación interior de fuego y gases calientes entre pisos, ver figura 68.

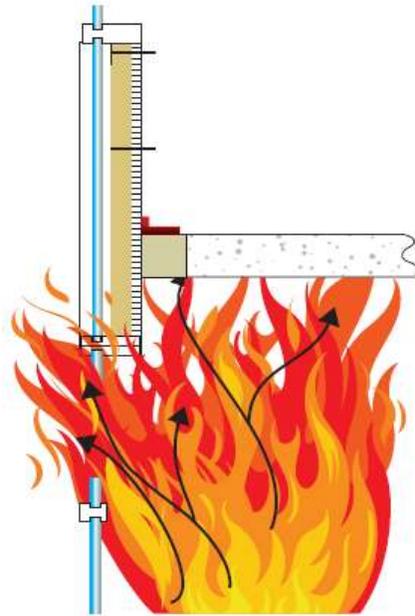


Figura 68. Salto de rana

El punto 715.6 de intersecciones muro cortina exterior/barrera cortafuego vertical, menciona que los vacíos creados en intersecciones de sistemas muro cortina exterior sin clasificación de resistencia al fuego y barreras cortafuego vertical deben llenarse con un material o sistema aprobado para retardar la propagación interior de fuego y gases calientes.

El punto 715.7 menciona los requisitos de altura y de resistencia al fuego para muros de relleno de muros cortina, que deben cumplir la Sección 705.8.5. Donde la Sección 705.8.5 no requiere muros de relleno de muros cortina, con clasificación de resistencia al fuego. Sin embargo, los requisitos de las Secciones 715.4 y 715.5 aún deben aplicar a la intersección entre el muro de relleno de muros cortina y el piso.

Los usuarios de este código modelo también deben reconocer que la intersección de la fachada y el ensamblaje del suelo proporcionan múltiples vías que pueden permitir la propagación de un incendio.

Conceptualmente, la forma más fácil de propagación del fuego es a través de niveles adyacentes en la pared exterior son:

- A través del vacío: Propagándose dentro del edificio a través del espacio vacío creado entre el borde del suelo y un muro cortina exterior. Se regula en el apartado 715.4.
- A través de cavidad: Propagación a través de un hueco o cavidad dentro del muro cortina exterior. En esta situación, el fuego se propagaría por el espacio oculto del muro cortina. Esto estaría regulado por las Secciones 718 y 718.2.2,
- Salto de rana que está regulado por las secciones 705.8.5 y 715.6.

Estas tres posibles trayectorias se muestran en la figura.

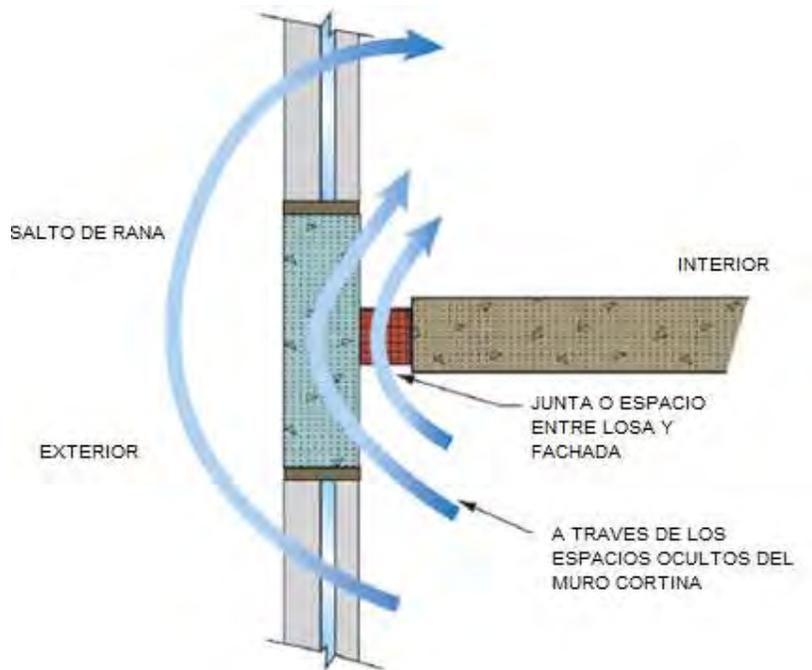


Figura 69. Vías potenciales de propagación de fuego y humo

Por lo tanto, es importante encontrar un sistema perimetral de contención de incendios que se haya evaluado utilizando las mismas condiciones que las de un caso real, así como también encontrar un sistema que describa un método de fijación del muro cortina coherente.

El método de fijación ha demostrado ser uno de los factores más críticos relacionados con el rendimiento del sistema. El IBC requiere que los huecos se rellenen independientemente de si el suelo está clasificado o no, pero si se espera que un sistema probado rellene el vacío cuando se utiliza un sistema de suelo calificado, mientras que la Sección 715.5 para suelos no calificados sólo requerirá un material o sistema "aprobado".

5.5. Estándares de ensayo

La figura 70 muestra los detalles del horno de ensayo utilizado con la prueba ASTM E 2307. Un aspecto que se debe tenerse en cuenta es que la prueba es desarrollada para evaluar el espacio vacío entre la superficie interior de la fachada y el borde adyacente del suelo.

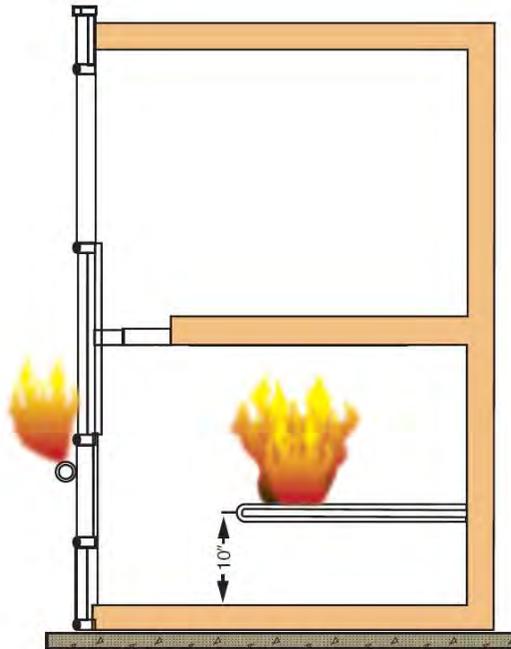


Figura 70. Prueba ASTM 2307

Para efectos del estándar de ensayo ASTM E 2307, la cara interior de la fachada es la superficie interior de la estructura. Por lo tanto, la prueba no está destinada a evaluar la propagación del fuego dentro del núcleo o la cavidad del conjunto de la pared exterior. Tampoco se pretende evaluar el paso de las flamas a través de las aberturas de la pared exterior (es decir, el salto de rana), que se aborda en la sección 705.8.5. La mayoría de los sistemas ensayados incluirán detalles e información sobre la necesidad de aislamiento o acabado del spandrel para proteger el interior del muro cortina, lo que parece crear muros con una resistencia al fuego reducida.

El aislamiento del spandrel se utiliza para proporcionar cierta integridad al muro cortina exterior, manteniéndolo lo suficientemente intacto para resistir el fuego. Si el aislamiento o el acabado de la cara interior de la pared exterior no es adecuada para resistir la exposición al fuego de la prueba, entonces la pared exterior se deteriorará hasta el punto de que no sea capaz de mantener el material de protección en su lugar, en cualquiera de los dos casos donde la barrera contra incendios no consiga aprobar el ensayo y exista propagación de fuego al piso superior a través del vacío en el borde del piso. Los sistemas de contención de incendios perimetrales listados utilizando ASTM E 2307 suelen incluir:

- Algunos tipos de aislamiento de lana mineral fijados mecánicamente al lado interior de los paneles spandrel de la fachada para proteger el sistema de entramado del muro cortina.
- Un ángulo o canal de refuerzo fijado mecánicamente al muro cortina adyacente al forjado.
- Aislamiento de lana mineral comprimida que rellena el hueco o vacío entre el forjado y el muro cortina, lo que comúnmente se denomina "safing".
- Un sellado de humo aplicado encima del aislamiento safing.

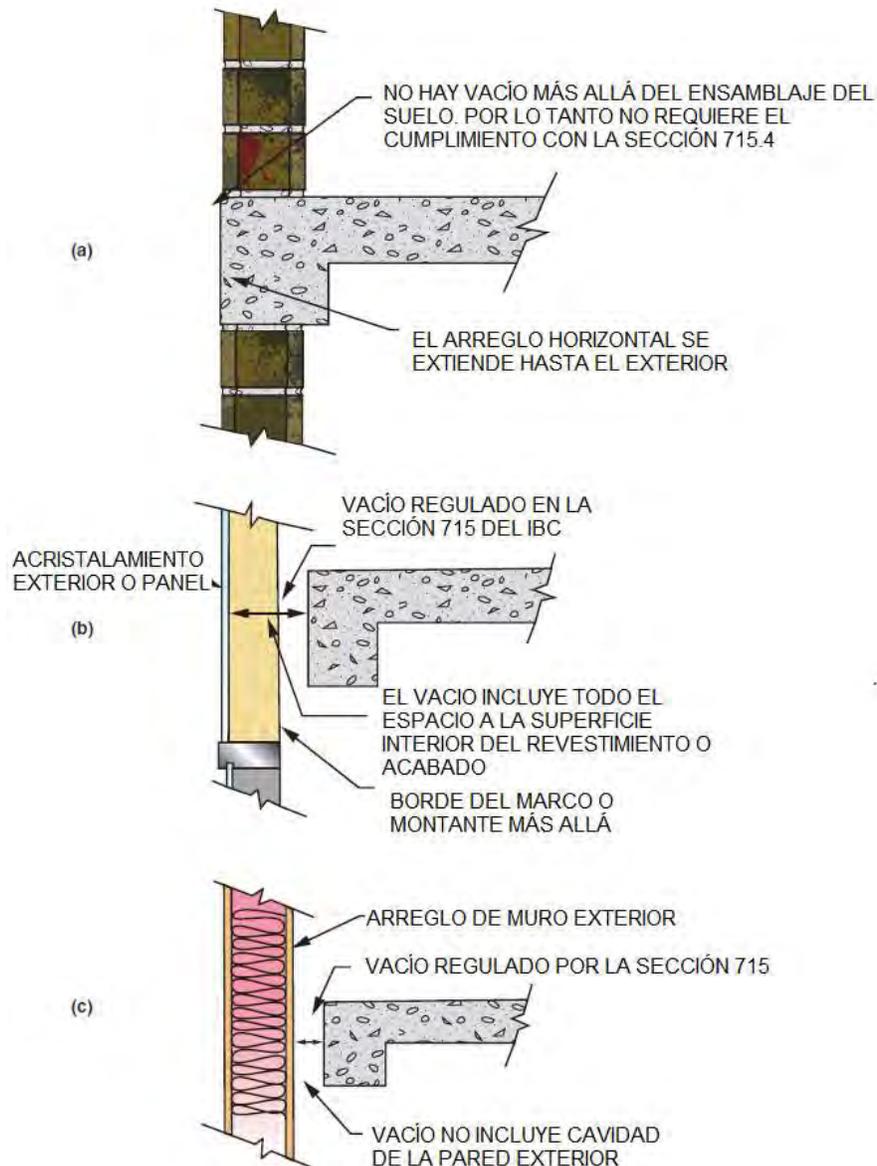


Figura 71. Intersecciones de pared exterior y suelo

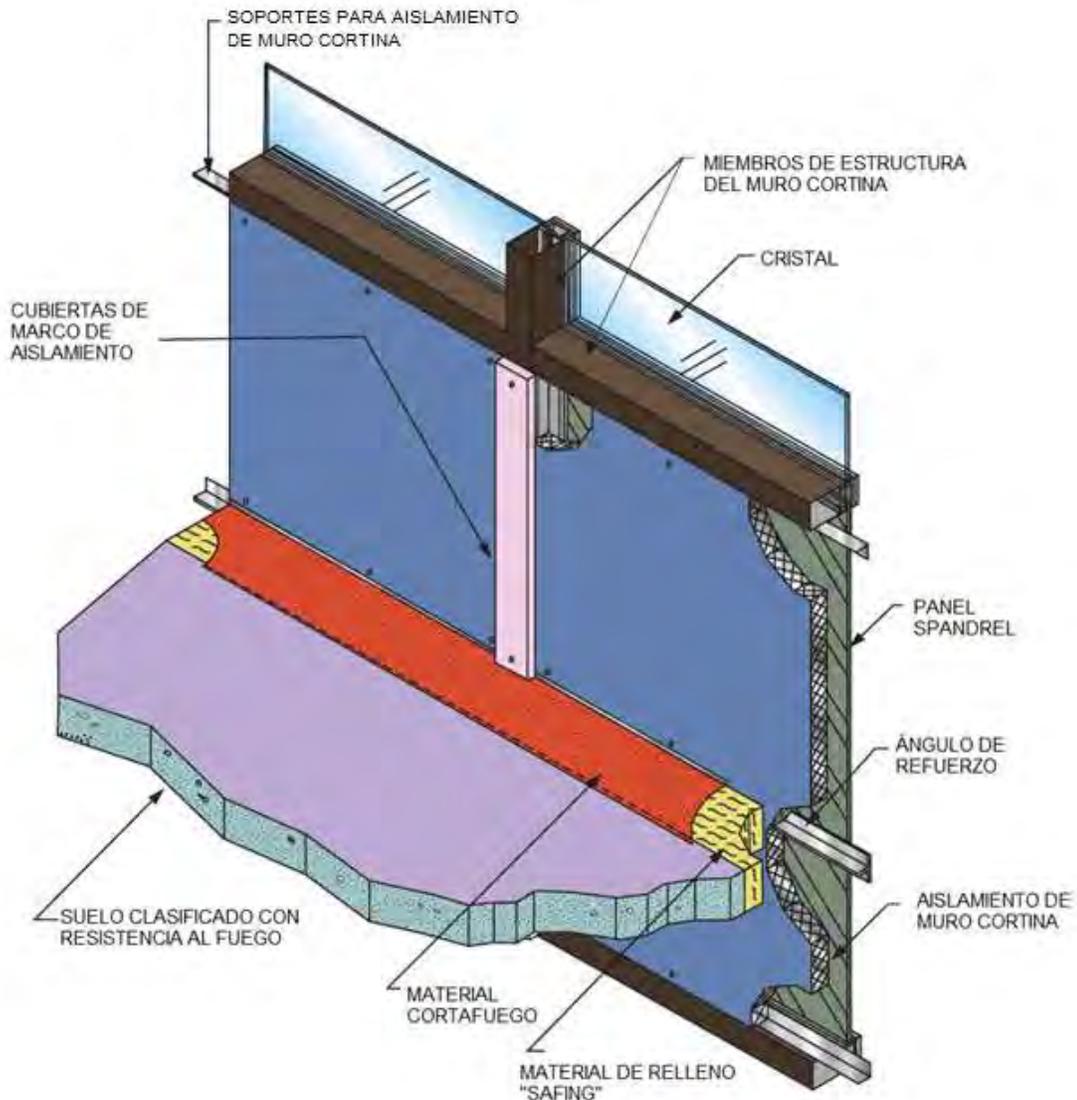


Figura 72. Componentes típicos de los sistemas perimetrales de contención de incendios probados

En algunas ocasiones se llegan a utilizar materiales que no se han ensayado en laboratorio, tal es el caso de fibra de vidrio como material de relleno tanto en la junta, así como en el spandrel y estructuras de aluminio que no están protegidas con material aislante que impida la transferencia de calor y con ello la falla de estas.

La evaluación de los elementos del sistema de muro cortina es esencial con la finalidad de garantizar que todos sus componentes sean estables. Tomando de base la curva tiempo-temperatura del estándar ASTM E119 o UL 263, estas son las temperaturas a las que este tipo de materiales no aprobados, dejan de ser estables.

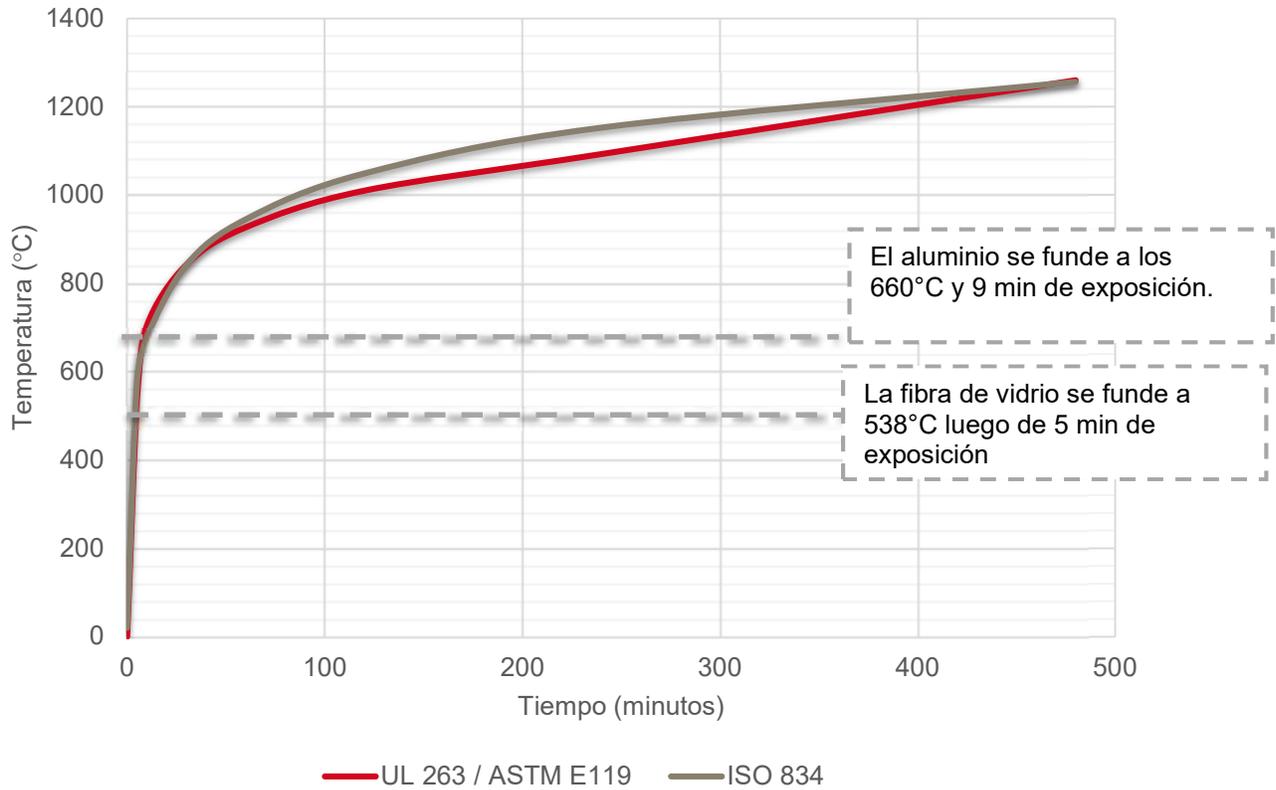


Figura 73. Falla de materiales no aprobados

5.6. Criterios de falla

La configuración básica del horno de ensayo y la muestra de ensayo en ASTM E 2307 se muestran en la figura 70. El horno de pruebas representa un edificio de dos plantas con la primera planta en una condición de incendio. El fuego se produce mediante dos quemadores, uno en el primer piso de la estructura y otro en el exterior, proporcionando una propagación de flamas a lo largo del edificio.

La norma ASTM E 2307 define dos criterios de clasificación relativos al comportamiento ante el fuego de los sistemas perimetrales de contención de incendios. Las condiciones de aceptación de estos dos criterios son las siguientes:

5.6.1. Clasificación FR

La clasificación FR es el período de tiempo durante el cual el sistema perimetral de contención de incendios prohíbe el paso de flamas, suficientes para inflamar residuos de algodón a través o alrededor de los límites de los materiales instalados dentro del vacío.

5.6.2. Clasificación TR

Una clasificación TR es el período de tiempo durante el cual el sistema perimetral de contención de incendios:

- a. Prohíbe el paso de flamas suficientes para inflamar residuos de algodón a través o alrededor de los límites del vacío.
- b. Limita el aumento de temperatura en la cara no expuesta (superior) de los materiales instalados dentro del hueco a un máximo en cualquier punto individual de 163°C por encima de su temperatura inicial, para juntas con una anchura máxima superior a 4 pulgadas.
- c. Limita el aumento de temperatura en el lado no expuesto (superior) de los materiales instalados dentro del hueco a un promedio de 140°C por encima de su temperatura inicial.

Tenga en cuenta que las limitaciones de aumento de temperatura para una clasificación TR coinciden con el punto individual máximo y el aumento medio de temperatura de la prueba ASTM E 119 y UL 263 utilizada para determinar la resistencia al fuego del conjunto de suelo. Al imponer el ensayo TR a las mismas limitaciones de aumento de temperatura, se amplía esencialmente la clasificación de resistencia al fuego del conjunto de suelo a la cara interior del del muro cortina.

Obtener una clasificación TR es más difícil que obtener una clasificación FR. Esto se debe a que la clasificación TR indica que el sistema de contención de incendios perimetral no sólo es capaz de impedir que las flamas atraviesen el vacío, como lo hace una clasificación FR, sino que también debe limitar la transferencia de calor a la cara no expuesta de los materiales utilizados para proteger el vacío.

El código, en la Sección 715.5, exige que los sistemas de contención de incendios perimetrales tengan una clasificación FR, que sea igual o mayor que la clasificación de resistencia al fuego del suelo.

Aunque todas las protecciones perimetrales de juntas se prueban con su anchura máxima, la máxima anchura de junta de una protección estática de junta perimetral es la misma que su anchura nominal. Esta es otra diferencia entre los listados dinámicos de protección de juntas perimetrales y aquellas designadas como "estáticas".

La protección dinámica de juntas perimetrales se prueba con su anchura máxima de junta, que es mayor que la anchura nominal de la junta. Muchos de los sistemas de protección de juntas perimetrales consisten en aislamiento comprimido, que aumenta su densidad nominal cuando se instala en una junta perimetral que es más estrecha que el grosor nominal del aislamiento. En todos los casos, la protección dinámica de juntas perimetrales, la compresión y densidad efectivas del aislamiento disminuyen la anchura máxima y esto aumenta la

transferencia de calor a través de la junta, creando un escenario de peor caso para ensayar bajo ASTM E2307.

No se presentan datos de movimiento en la protección estática de juntas perimetrales. La anchura nominal de la junta y la anchura máxima de la junta son las mismas para la protección estática de juntas perimetrales, lo que no es realista para aplicaciones de juntas perimetrales. Una anchura de junta (estática) invariable significa que la transferencia de calor a través del aislamiento sigue siendo la misma para sus condiciones de anchura de junta nominal y anchura de junta máxima. Este es el mejor escenario de prueba de fuego, aunque no el más real para el caso de muros cortina. La protección estática de juntas perimetrales se comporta de una manera más homogénea ante el fuego, ya que la densidad nominal no experimenta una disminución para someterse a la prueba de fuego ASTM E2307.

Algunos marcos de pruebas del estándar ASTM E2307 en laboratorio están diseñados para algunos bastidores. Estos bastidores de pruebas utilizan un sistema hidráulico para ciclar la protección dinámica de las juntas perimetrales antes de la prueba ASTM E2307. La magnitud del movimiento de expansión/contracción para ASTM E2307 está determinada por los patrocinadores de la prueba.

Sin embargo, la magnitud del movimiento de expansión/contracción cíclica de un edificio viene determinada por la deflexión máxima hacia dentro/hacia fuera del muro cortina y la máxima dilatación/contracción del del suelo. Estos valores de movimiento de dilatación/contracción son calculados por el ingeniero estructural que diseña el edificio y estos valores determinan el movimiento de la junta perimetral. La protección de la junta perimetral debe ser compatible con las capacidades de movimiento de la junta perimetral. Sin embargo, es razonable comprobar las capacidades de expansión/contracción de cada edificio. Por lo tanto, probar un gran movimiento de expansión/contracción mediante ASTM E2307.

En protección perimetral de juntas, incluido el aislamiento, debe instalarse a la anchura nominal de la junta tal y como se haría en sitio. Después de la instalación, la junta perimetral se comprime mediante ciclos de laboratorio hasta alcanzar su anchura mínima. La anchura mínima de la junta crea la máxima densidad efectiva. Esta condición puede causar degradación del aislamiento o una tensión indebida en el conjunto del muro cortina. A continuación, se expande la junta perimetral, reproduciendo la anchura máxima y a continuación, la junta perimetral se contrae de nuevo hasta su anchura mínima, creando ciclos. Las velocidades a las que se producen estos ciclos y el número de estos son necesarias para clasificar el movimiento bajo ASTM E2307.

Como se ha comentado anteriormente, uno de los conceptos de la construcción resistente al fuego es contener el fuego en el lugar de origen. Al revisar las condiciones de aceptación de la norma ASTM E 2307, vemos que sólo protege de la propagación de la llama y del aumento de la temperatura a través de o alrededor de los materiales utilizados para proteger el vacío. No protege de la propagación de la llama a través del espacio oculto de la pared exterior o a través de las aberturas de las ventanas.

5.7. Ensayos bajo UL

Este proceso de reflexión llevó a UL a desarrollar un segundo conjunto de criterios para evaluar el rendimiento de los sistemas perimetrales de contención de incendios. Los primeros listados de UL se hicieron utilizando el aparato de ensayo ASTM E 2307, pero con condiciones de aceptación más estrictas. El método UL desarrolló dos criterios de clasificación un índice de integridad y un índice de aislamiento. Estos términos se han tomado de las normas internacionales de ensayo de resistencia al fuego. Las condiciones de aceptación para estas dos clasificaciones son las siguientes:

5.7.1. Clasificación de integridad

Los criterios para la clasificación de integridad incluyen requisitos para la clasificación FR de ASTM E 2307, además del requisito de que el sistema debe impedir el paso de las flamas a través de aberturas en el muro cortina en cualquier lugar por encima del vacío protegido. Dicho de otro modo, los criterios para una clasificación de integridad prohíben el paso de flamas a través de las tres vías mencionadas anteriormente.

5.7.2. Clasificación de aislamiento

Los criterios para la clasificación de aislamiento incluyen los requisitos de la clasificación TR, además del requisito de limitar el aumento de temperatura a 180 °C por encima de la temperatura inicial en cualquier parte de la superficie interior del muro cortina por encima del vacío protegido. Dicho de otro modo, los criterios para una clasificación de aislamiento limitan el aumento de temperatura en cualquier punto del nivel del suelo o por encima de él, incluidos los montantes verticales y los cristales.

Como se desprende de este análisis, los criterios UL aumentan el nivel de protección alcanzado al prohibir el paso de las flamas y limitar el aumento de temperatura en cualquier punto del suelo o por encima de él.

UL ahora exige las clasificaciones FR y TR como nivel mínimo de protección. Sin embargo, las calificaciones de integridad y aislamiento se ofrecen como opción para aquellos fabricantes que deseen demostrar un mayor nivel de seguridad. Estos niveles de rendimiento superiores no son exigidos por el IBC. En última instancia, el diseñador o propietario tendrá que determinar si el nivel de protección exigido por el código es adecuado o es necesario considerar una clasificación de integridad y/o una clasificación de aislamiento.

El sistema perimetral de contención de incendios suele estar oculto por algún tipo de pared interior, en forma de pórtico (véase Figura 74). Estas paredes interiores no suelen incluirse como parte del conjunto ensayado. Ensayar el conjunto sin estas paredes interior permite al diseñador flexibilizar el diseño y construcción. También permite que el edificio sea ocupado antes de que todos los pisos o áreas sean terminados con el recubrimiento. Sin embargo, el simple hecho de proporcionar un muro no elimina la necesidad del sistema perimetral de contención de

incendios, a menos que el detalle de la pared interior se haya probado específicamente y se haya demostrado que cumple los requisitos de la norma ASTM E 2303, o bajo la excepción de la de la sección 715.4. Aunque los recubrimientos no son requeridos por el estándar de ensayo y pueden ocultar el vacío, la simple construcción de recubrimiento o muro resistente al fuego, no es suficiente para reemplazar la barrera perimetral contra incendios.

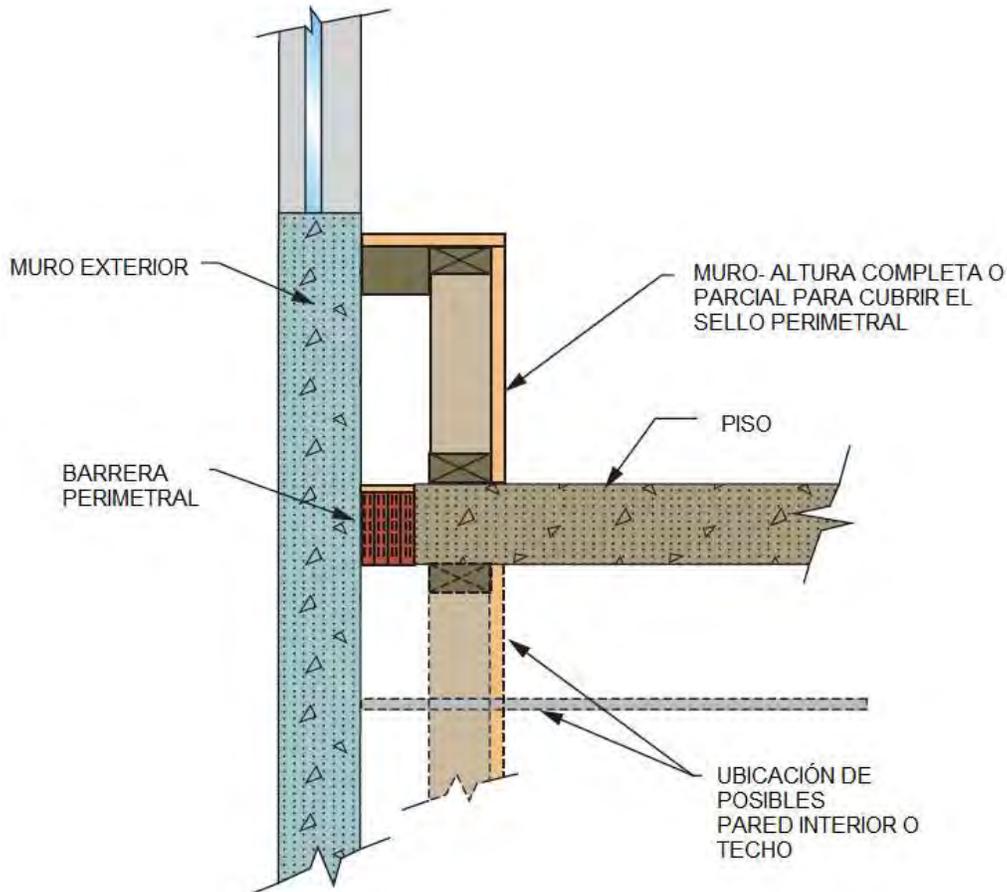


Figura 74. Muros como acabados para cubrir el sello perimetral

La última frase del apartado 715.4 exige que el spandrel cumpla los requisitos del apartado 705.8.5 que enuncia el punto 715.5.

La excepción de la sección 715.4 reconoce que los conjuntos de muro cortina con vidrio que se extiende hasta el suelo no pueden cumplir los criterios de ensayo de la norma ASTM E 2307 estos sistemas podían probarse utilizando las condiciones especificadas dentro de la excepción. La opción es utilizar materiales o sistemas que se han sometido a una condición de fuego de tiempo-temperatura bajo ASTM E 119 y bajo presión positiva. Esto permitirá diseños o sistemas que fueron probados y utilizados en años anteriores al desarrollo de la norma ASTM E 2307. La figura 75 ilustra la ubicación del cristal y los requisitos de la excepción.

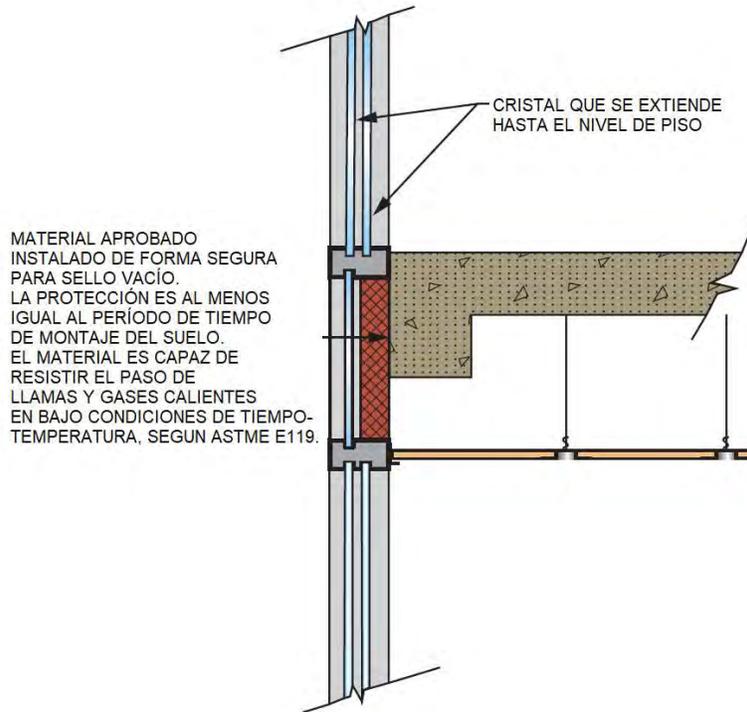


Figura 75. Protección de la junta con vidrio desde el techo al suelo

Como se ha indicado anteriormente, el apartado 715.4.1 se aplica a las situaciones en las que el muro cortina es adyacente a un piso no resistente al fuego o a un conjunto piso/techo. El IBC proporciona poca orientación en cuanto al nivel de protección requerido, dejándolo a criterio de uso de materiales "aprobados". Como cuestión práctica, el IBC no requiere que el sistema de contención de incendios perimetral no sea probado simplemente porque el suelo no está clasificado.

Sea cual sea el material utilizado debe estar asegurado para permanecer en su sitio y debe ser lo suficientemente capaz para bloquear la propagación del fuego o de gases calientes a través del vacío durante un período de tiempo aproximadamente igual al del suelo. Cualquier junta que pueda detener o retardar la propagación de humo y calor a través del hueco ayudará a reducir el peligro al que pueden enfrentarse los ocupantes de otras plantas.

La sección 715.4.2 se añadió al IBC de 2015 para abordar la situación en la que un muro cortafuego con resistencia al fuego termina y colinda con un muro cortina exterior no resistente al fuego. Esta disposición es conceptualmente similar a las disposiciones de protección de huecos que se encuentran en las Secciones 707.9 y 715.4.1, que reconocen que estos huecos deben rellenarse con un material aprobado para retardar la propagación del fuego y los gases calientes a través de la junta.

También ayuda a aclarar que no están regulados por las normas ASTM E 1966 o UL 2079, que sólo abordan las juntas y conexiones entre conjuntos con clasificación de resistencia al fuego.

5.7.3. Requerimiento de spandrel

El apartado 715.5 proporciona una referencia cruzada a las disposiciones sobre aberturas en paredes exteriores del apartado 705.8.5. Este requisito del IBC aborda varias opciones de protección cuando las aberturas del muro exterior se encuentran en plantas adyacentes. La figura 76 ilustra las condiciones básicas en las que se requiere protección. El objetivo de estas disposiciones es reducir o eliminar la posibilidad de que un incendio salga del edificio a través de una abertura en un piso inferior y luego se propague de nuevo al edificio a través de una ventana de una planta superior (salto de rana).

El incendio de Las Vegas Hilton del 10 de febrero de 1981 es probablemente uno de los mejores ejemplos que ayudó al desarrollo de esta sección del IBC y NFPA 101¹⁶. Una de las razones principales por las que estos requisitos se incluyeron originalmente en él. En ese incendio, las flamas en el vestíbulo del ascensor se propagaron a través del edificio saliendo por las ventanas del nivel inferior, alcanzando las ventanas de los pisos superiores y causando que el vestíbulo de los ascensores también se incendiase. El fuego se propagó por caminos exteriores, moviéndose desde el octavo al piso 29 en aproximadamente un periodo de tiempo de 10 a 15 minutos. Las figuras 77 y 78 muestran los dos modos principales para abordar este problema en edificios no protegidos

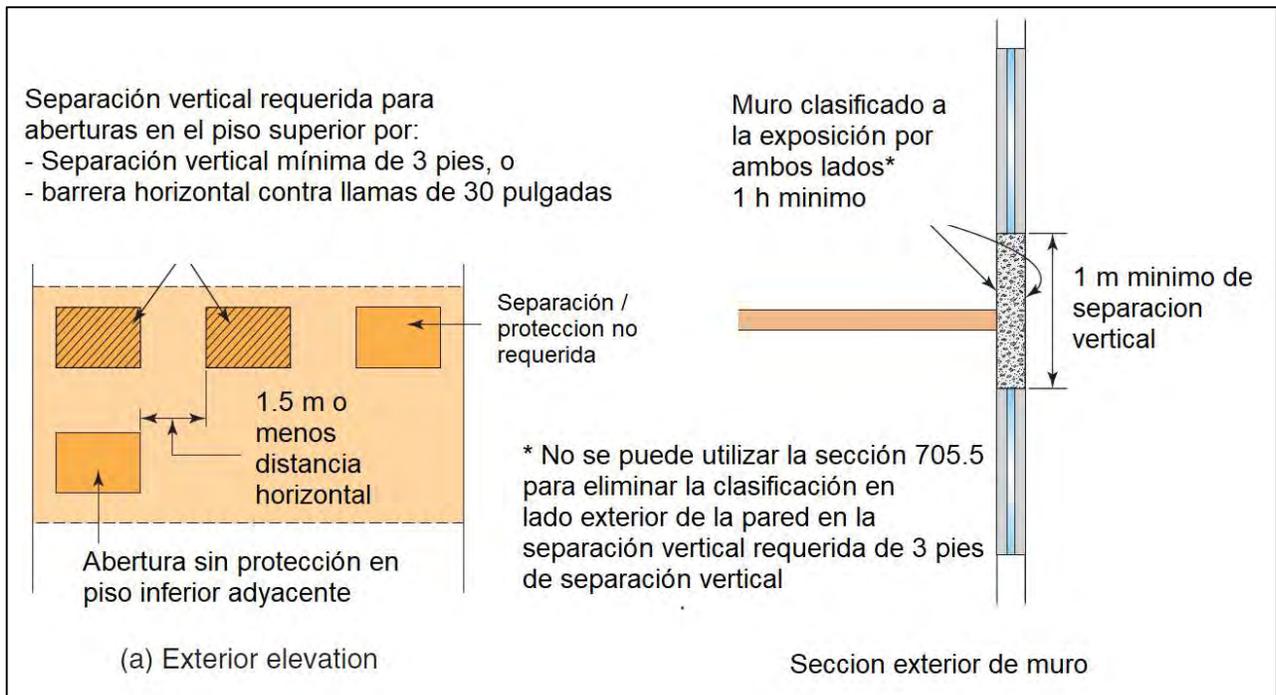


Figura 76. Separación vertical para aberturas exteriores

¹⁶ <https://fire.nv.gov/uploadedfiles/firenv.gov/content/Resources/lasvegashilton02101981.pdf>

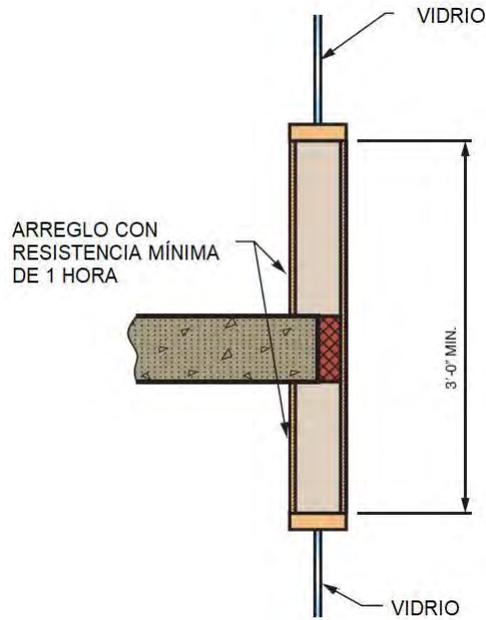


Figura 77. Separación vertical de vidrio

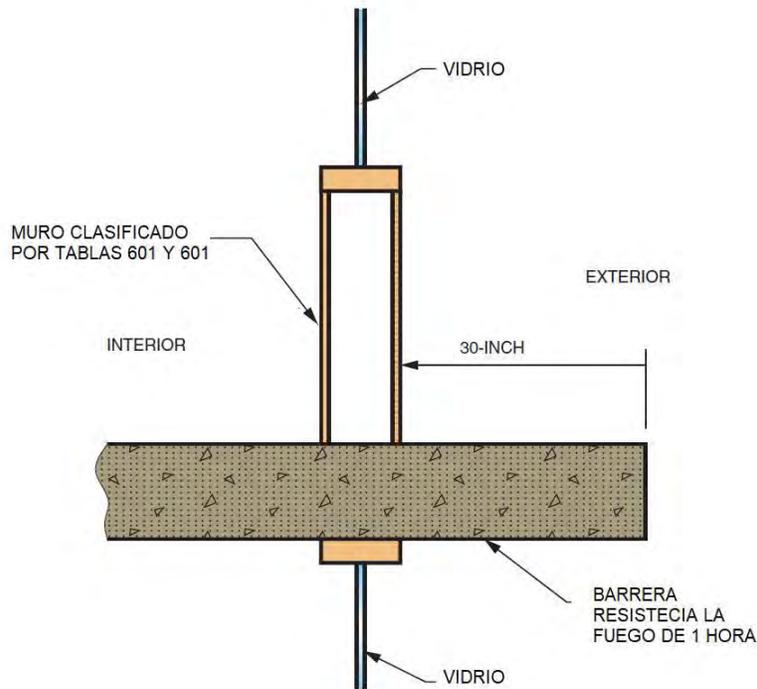


Figura 78. Barrera horizontal con resistencia al fuego exterior

Los usuarios del IBC deben tener en cuenta que los requisitos del spandrel son aplicables en función de las ventanas de la pared exterior y son independientes de si el suelo o la pared exterior son resistentes al fuego.

Los requisitos del IBC en las secciones 715.4 y 715.5 hacen referencia a la Sección 705.8.5 y, como se indica en la Sección 715.5, "los requisitos de la Sección 715.4 se seguirán aplicando a la intersección entre el spandrel y el piso", incluso cuando el apartado 705.8.5 no exige que el spandrel esté clasificado. Por lo tanto, aunque el apartado 705.8.5 no exija un spandrel o una barrera horizontal que controle las flamas, para evitar la propagación exterior del fuego a un nivel superior, por el vacío interior entre el muro cortina y el suelo, se debe cumplir los requisitos de la Sección 705.8.5.

De nuevo, la figura 76 muestra la diferencia entre las dos vías y por qué el IBC lo exige en la sección 715.4, aunque en la sección 705.8.5 no esté descrito.

5.7.4. Clasificación de movimiento

También se ha observado que existen confusiones sobre la importancia de la consideración del movimiento en el diseño de cortafuego para muros cortina.

En condiciones normales de servicio, la protección perimetral de juntas reacciona a los movimientos horizontales y verticales. La magnitud del movimiento depende de muchos factores.

Hay tres movimientos a considerar:

- Vertical
- Lateral en el plano de un muro,
- Lateral normal al plano de un muro.

Los movimientos se definen normalmente por la relación entre vacíos. En las estructuras modernas la expansión ha aumentado significativamente debido a la deflexión de los componentes que lo integran¹⁷.

Las funciones principales de la protección de juntas perimetrales son administrar los diversos movimientos, debidos:

- Cargas vivas
- Diferenciales térmicos
- Sismicidad
- Cargas de viento
- Impedir la propagación vertical del fuego a través del perímetro exterior del edificio, desde el nivel donde se origina el fuego a la(s) planta(s) superior(es)¹⁸.

¹⁷ Kazmierczak, 2010

¹⁸ Nicholas, 2005

Los edificios están diseñados para tener una cierta capacidad de movimiento con la finalidad de que la estructura y algunos componentes secundarios puedan administrar el movimiento de manera elástica sin llegar a la falla.

Se requiere hacer una evaluación de la capacidad de movimiento de un sistema de junta perimetral para establecer la compatibilidad con los movimientos del muro cortina, que son movimientos de expansión/contracción y de cizalladura, estos deben probarse a través de ensayos cíclicos.

A. Movimiento horizontal

Existe la idea errónea de que cuando el muro cortina está anclado al conjunto del suelo del edificio no hay movimiento y que no induce ningún movimiento de la junta perimetral. La cantidad de movimiento varía, pero todos los muros cortina, especialmente en edificios altos, están sometidos a movimientos y la junta perimetral, que expande, comprime o se somete a esfuerzos verticales y laterales.

El anclaje de los muros cortina debe diseñarse de acuerdo con las condiciones de cada proyecto, las combinaciones de cargas, tolerancias, movimientos y sustratos.¹⁹

El movimiento de expansión y contracción en la junta perimetral se produce incluso entre los montantes anclados al conjunto de suelo. Este movimiento es el resultado de la deflexión del travesaño causada por las cargas de viento.

Las recomendaciones de la industria de la construcción para la deflexión de la subestructura del muro ensayado a las presiones de diseño son $L/175$ (donde L es el ancho de la junta).²⁰

La deflexión del travesaño se desplaza simultáneamente hacia el interior bajo la presión positiva exterior (carga de viento) en una cara del edificio y hacia afuera bajo presión negativa en la cara opuesta del edificio, aunque el grado de movimiento es diferente.

El criterio de deflexión $L/175$ es una recomendación y puede ser modificado por el especificador si el proyecto lo requiere. Los límites de deflexión de $L/200$ son bastante comunes, mientras que los de $L/240$

son poco usuales. Cuanto menor sea la deflexión permitida, mayor será la profundidad o el peso del armazón, lo que conlleva un mayor coste.²¹

¹⁹ WAUSAU, 2016

²⁰ Makepeace, Shooner, Kyle, Wiseman, & de Miguel, 2004

²¹ Makepeace, Shooner, Kyle, Wiseman, & de Miguel, 2004

B. Movimiento vertical

El movimiento vertical del muro cortina es el resultado de las cargas vivas y los diferenciales térmicos. Las cargas vivas resultan de todos movimientos de las personas ocupantes, materiales, equipos, u otros elementos de peso soportados por elementos estructurales susceptibles al movimiento.

Los movimientos de cargas vivas pueden causar movimientos ascendentes o descendentes. Por ejemplo, una carga viva descendente en un piso inferior puede provocar el desprendimiento de los anclajes de muros cortina, cuando están mal diseñados bajo cargas estáticas únicamente.

El movimiento térmico también puede ser un problema con la subestructura. Una subestructura de aluminio de dos pisos colocada al exterior puede oscilar hasta 13 mm. El movimiento térmico puede expresarse de la siguiente manera:

$$\Delta L = \alpha_L \Delta T L$$

Donde:

$\Delta L =$ Cambio de longitud en Pulgadas

$\alpha_L =$ Coeficiente lineal de expansión térmica $\frac{in}{in \text{ } ^\circ F$

$T_0 =$ Temperatura inicial

$T_1 =$ Temperatura final

$\Delta T =$ Cambio de temperatura ($^\circ F$) = $T_0 - T_1$

$L =$ Longitud original (in)

La temperatura del marco de aluminio es un factor importante que determina el movimiento térmico. Considerando las dos condiciones ambientales extremas en el mismo año en una ciudad metropolitana como Monterrey, México: el día más frío del año fue de 16 °F en enero en 2022 y el día más caluroso del año sin nubes fue de 95 °F en octubre de 2022.

El material metálico absorbe calor irradiado por el sol más rápido de lo que puede irradiarlo, distribuirlo por convección o conducción y esto hace que su temperatura aumente.

$$Q_{\text{absorbido}} - Q_{\text{emitido}} = Q_{\text{acomulado}}$$

Una forma simplificada de la ecuación general de conservación de la energía.

Esto explica el hecho de que la temperatura del aluminio puede ser significativa cuando se somete a la luz solar, por ejemplo 248°F. Como referencia a 25°C de temperatura ambiente con aire seco, el metal puede llegar a unos 120°C bajo la luz solar directa. Considerando que 25°C son 77°F, a la temperatura máxima de 95°F de un día caluroso en Monterrey, aumentaría aún más el cambio de longitud ΔL .

El estándar ASTM E2307 exige que se compruebe el movimiento del sistema mediante un ensayo de ciclos de movimiento. La cuestión del movimiento de las juntas se expuso en un artículo escrito en 1990 sobre sistemas adecuados de juntas en losas elevadas de concreto, para informar a la industria acerca de especificaciones del sistema de juntas, que son críticas para la fiabilidad funcional del edificio.²²

En un artículo de 1991 se abordó la cuestión de la resistencia al fuego de los sistemas de juntas.²³ Debido a la confusión en la industria entre sistemas de juntas resistentes al fuego y sistemas cortafuego, otro artículo de 1991 comparó y demostró que existen muchas diferencias, incluyendo el diseño para movimientos de expansión y contracción en las juntas de un edificio, entre los sistemas de juntas resistentes al fuego y los sistemas cortafuego. ensayados según ASTM E814.²⁴

Estos artículos sobre el movimiento de las juntas dieron lugar a la publicación de un nuevo método de ensayo estándar para determinar el movimiento cíclico y medir la anchura mínima y máxima de las juntas, según el estándar ASTM E1399.²⁵ Este estándar es la base de los requisitos de movimiento cíclico de las normas de sistemas de juntas resistentes al fuego. ASTM E1966, ASTM E2307 y ASTM E2837

ASTM E2307 aborda específicamente las condiciones únicas de una junta perimetral, incluido el movimiento. Se observó que la deflexión del travesaño o travesaños cuando los montantes adyacentes están anclados al conjunto del suelo era en un entorno de laboratorio de incendios, adoptando los principios de movimiento cíclico y la metodología de ensayo del estándar ASTM E1399 que era práctico y potencialmente una condición de prueba más adecuada.

Para ser considerada una protección dinámica de junta perimetral, tanto los movimientos de dilatación, contracción y de corte, debe someterse a pruebas cíclicas. El movimiento cíclico demuestra la capacidad de la protección de junta perimetral en dilatación y contracción como respuesta a las fuerzas ambientales (viento, térmicas y sísmicas) y de moverse en cortante en respuesta a las cargas vivas, manteniendo al mismo tiempo un sellado entre el conjunto del suelo y el conjunto de la pared exterior, a la vez que resiste la fatiga y la degradación.

²²Nicholas, 1990

²³ Nicholas, 1991-1

²⁴ Nicholas, 1991-2

²⁵ ASTM International, 2017-2

El ritmo cíclico, la magnitud y la duración del movimiento también pueden afectar el rendimiento de la protección de la junta perimetral cuando se somete a exposición normalizada al fuego. ASTM E2307 proporciona condiciones de prueba para estas variables.

Aunque todas las protecciones perimetrales de juntas se prueban con su anchura máxima de junta, la máxima anchura de junta de una protección estática de junta perimetral es la misma que su anchura nominal. Esta es otra diferencia entre los listados dinámicos de protección de juntas perimetrales y aquellos designados como "estáticos". La protección dinámica de juntas perimetrales se prueba en su anchura máxima de junta, que es mayor que la anchura nominal de junta en la que se instala la protección perimetral de juntas.

En todas las protecciones dinámicas de juntas perimetrales, la compresión y la densidad efectivas del aislamiento disminuyen a la anchura máxima de la junta, lo que aumenta la transferencia de calor a través de ella creando un escenario desfavorable y más realista para de prueba de fuego ASTM E2307. Es importante que se comprendan los principios básicos de movimiento que afectan el rendimiento ante el fuego de la protección perimetral de juntas.

La profundidad del aislamiento utilizado en todos los ejemplos siguientes es la misma.

No se presentan datos de movimiento en la protección estática de juntas perimetrales Listados. La anchura nominal de la junta y la anchura máxima de la junta son para la protección estática de juntas perimetrales, lo que no es realista para aplicaciones de juntas perimetrales. Una anchura de junta (estática) invariable significa que la transferencia de calor a través del aislamiento sigue siendo la misma para sus condiciones de anchura de junta nominal y anchura de junta máxima. Este es el mejor escenario de prueba de fuego. La protección estática de juntas perimetrales funcionará favorablemente, pero este es un escenario poco realista, en comparación con una junta perimetral dinámica que utilice la misma anchura y densidad nominales de aislamiento, ya que la primera no experimenta una disminución de su o densidad efectiva para someterse a la prueba de fuego ASTM E2307.

C. Compresión efectiva

A diferencia de la protección estática de juntas perimetrales, la compresión efectiva de una protección dinámica de juntas perimetrales disminuye cuando la junta perimetral se abre con respecto a la anchura nominal de la junta. Para entender los cambios en la compresión efectiva, considere las siguientes ecuaciones. UL utiliza la siguiente ecuación para calcular la anchura del aislamiento sin comprimir, que se utilizará en la protección perimetral de juntas instalada a una anchura de junta nominal.

$$T_{Sin\ comprimir} = \frac{W_{nom} * 100}{100 - I_{com}}$$

Donde:

$T_{Sin\ comprimir}$ = *Espesor del aislamiento sin comprimir*

I_{com} = *% de compresión del aislamiento especificado en el sistema*

W_{nom} = *Ancho de la junta nominal*

Por ejemplo, si se considera un ancho de junta nominal de 2 pulgadas que requiere de una protección de junta perimetral con un del 25% compresión del aislamiento. La $T_{Sin\ comprimir}$ sería de 2,67 pulgadas. La anchura máxima de junta para la protección dinámica de junta perimetral es de 2,25 pulgadas.

La anchura máxima de la junta es la abertura de junta más ancha que la protección de junta perimetral con resistencia al fuego puede considerar en su expansión durante el movimiento y mantener su clasificación de resistencia al fuego bajo el estándar ASTM E2307.

La siguiente ecuación se utiliza para determinar la disminución del aislamiento de una protección dinámica de junta perimetral, cuando la anchura nominal de la junta se expande hasta la anchura máxima de la junta.

$$\Delta I_{comp} = \left(\frac{T_{sin\ comp} * W_{max}}{W_{max}} \right) * 100$$

Donde:

ΔI_{comp} = *cambio en el porcentaje de compresión del aislamiento instalado*

$T_{Sin\ comp}$ = *Espesor del aislamiento sin comprimir*

W_{max} = *Máximo ancho de junta*

La compresión original del aislamiento era del 25% en su anchura nominal de 2 pulgadas. Cuando la junta se abre hasta su anchura de 2,25 pulgadas, el cambio en la compresión del aislamiento disminuye a ≈19%. Dado que la masa del aislamiento es constante y en la junta perimetral aumenta la anchura, provoca un aumento del volumen de la junta perimetral, por lo que la densidad del aislamiento comprimido en la junta perimetral disminuye.

D. Densidad efectiva

A diferencia de la protección estática de juntas perimetrales, la densidad efectiva de una protección dinámica de juntas perimetrales disminuye cuando la junta perimetral se abre con

respecto a la anchura nominal de la junta. Para entender los cambios en densidad efectiva considere las siguientes ecuaciones.

$$D_{eff} = \left(\frac{I_{nom}}{W_{nom}} \right) * D_{sin\ comprimir}$$

Donde:

$D_{sin\ comprimir}$ = Densidad del aislamiento sin comprimir

D_{eff} = Densidad del aislamiento comprimido

W_{nom} = Anchura nominal de la junta

I_{nom} = Anchura nominal del aislamiento

Por ejemplo, si se considera rellenar un ancho nominal de junta de 2 pulgadas con un espesor nominal de 4 pulgadas con aislamiento de densidad nominal de 4 pcf (64 kg/m³). La densidad en la anchura nominal de la junta es de 8 pcf (128 kg/m³). A diferencia de la protección perimetral estática, la densidad efectiva de una junta perimetral dinámica cambia cuando cambia la anchura nominal de la junta. Cuando la anchura nominal de la junta disminuye, la densidad efectiva aumenta. Por el contrario, cuando la anchura nominal de la junta aumenta, la densidad efectiva disminuye. La reducción máxima de la densidad efectiva se produce en la anchura máxima de la junta. La variación de la densidad se expresa de la siguiente manera.

$$\Delta D_{eff} = \left(\frac{I_{nom}}{W_{nom}} \right) * D_{sin\ comprimir}$$

Donde:

$D_{sin\ comprimir}$ = Densidad del aislamiento sin comprimir

D_{eff} = Densidad del aislamiento comprimido

W_{nom} = Anchura nominal de la junta

I_{nom} = Anchura nominal del aislamiento

La densidad efectiva de 8 pcf en la anchura nominal de la junta disminuye a 5.3 pcf en la anchura máxima de la junta. Esta condición es el peor escenario del ensayo, ya que permite una mayor transferencia de calor a través del aislamiento.

Conclusión sobre la prueba de ciclos de movimiento: Aunque la norma ASTM E2307 permite instalaciones de protección de juntas perimetrales tanto estáticas como dinámicas, se

puede conseguir un mayor nivel de seguridad para la vida especificando y probando la condición más severa y necesaria: *la protección dinámica de juntas perimetrales dinámicas*.

5.8. Juicios de ingeniería

Como se ha explicado en los capítulos anteriores, muy a menudo las condiciones del muro cortina en la obra difieren del diseño original o son imprevistos y no es posible rediseñar fácilmente las condiciones en sitio.

Como en el diseño del muro cortina intervienen múltiples componentes, podría haber múltiples factores instalados en sitio que pueden variar con respecto al sistema ensayado con laboratorios como Intertek y UL. Generalmente, estas variaciones en el diseño pueden no ser sencillas para considerar un rediseñado rentable, por lo que deben considerarse métodos alternativos para mantener la integridad del sistema.

Por eso es importante se desarrollen mediante sólidos principios de ingeniería y buen juicio.

5.8.1. Directrices de ingeniería del International Firestop Council²⁶

Los juicios de ingeniería del sistema de juntas perimetrales contra Incendios deben:

1. No utilizarse en lugar de sistemas probados cuando se disponga de sistemas probados.
2. Deben ser emitidos únicamente por personal técnico calificado del fabricante del cortafuego o de acuerdo con el fabricante, por un ingeniero profesional registrado, o ingeniero de protección contra incendios, o una agencia de ensayos independiente que preste servicios de esta índole.
3. Basarse en la interpolación de sistemas de juntas perimetral contra incendios que sean suficientemente similares en su naturaleza o representen claramente las condiciones sobre las que se debe emitir el juicio. Además, de comprobar conocimientos adicionales e interpretaciones técnicas basadas en los principios de ingeniería aceptados, la ciencia del fuego y las directrices de ensayo de incendios (por ejemplo: el estándar ASTM E 2032 Standard Guide for Extension of Data from Fire Endurance Tests).
4. Basarse en el pleno conocimiento de los elementos de la construcción a proteger y la comprensión del comportamiento probable de dicha construcción y del sistema cortafuego recomendado para que lo proteja, en caso de que se someta al método de ensayo de exposición al fuego requerido. Es importante entender que, aunque es la junta entre el borde de la losa y el muro cortina lo que se evalúa durante las pruebas, los componentes de construcción circundantes y el aislamiento del sistema también son importantes para asegurar un rendimiento aceptable de la junta.
5. Limitarse únicamente a las condiciones y configuraciones específicas sobre las que se ha emitido el juicio técnico y deben basarse en expectativas razonables de rendimiento para el sistema recomendado en esas condiciones.

²⁶ <https://www.firestop.org/engineering-judgement-guidelines>

6. Aceptarse sólo para un único trabajo, ubicación específica y no debe transferirse a cualquier otro trabajo o lugar sin una revisión exhaustiva de todos los aspectos de las circunstancias del siguiente trabajo o ubicación.

A. Requisitos básicos de presentación

1. Presentarse en forma escrita adecuadamente descriptiva, con o sin planos de detalle, según se considere necesario.
2. Indicar claramente que el sistema recomendado es un juicio y no un sistema listado.
3. Incluir instrucciones claras para la instalación del sistema cortafuego recomendado.
4. Identifique el nombre del trabajo, la ubicación y la empresa para la que se emite el EJ, junto con las condiciones no estándar y la clasificación de resistencia al fuego requerida.
5. Proporcionar descripciones completas de los elementos críticos para la configuración del sistema. Estos incluirán, entre otros, los siguientes factores básicos y comunes:
 - Tipo(s) de montaje utilizado(s), por ejemplo, vidrio, aluminio, granito, concreto, spandrel
 - Clasificación en horas requerida del sistema de junta contra incendios perimetral

B. Sistema listado más cercano en el que se basa el EJ

- Anchura de la junta.
- Estática o dinámica
- Tipo de aislamiento, espesor y compresión, etc.
- Cinco principios básicos.
 - Fijación mecánica del aislamiento del spandrel
 - Protección de los montantes
 - Compresión y orientación del aislamiento
 - Instalación de un miembro de refuerzo, rigidizador, en la zona de seguridad detrás del aislamiento del spandrel.
 - Revestimiento cortafuego, tipo, espesor, etc.

Siguiendo este proceso de evaluación de los sistemas de juntas perimetrales, de acuerdo con las prácticas de ingeniería pueden asegurar que la seguridad y la integridad estructural no se vean comprometidas.

5.9. Selección de sistemas de juntas en fachada

La selección del sistema de cortafuego perimetral puede realizarse accediendo a directorios de listados de laboratorios de certificación por terceros. Uno de estos ejemplos es el directorio de certificación Intertek. El directorio Intertek sigue una nomenclatura específica para identificar los diferentes sistemas cortafuego listados.

Para elegir un sistema, es necesario conocer los detalles básicos de la aplicación:

- ¿Cuál es la composición del muro exterior? - Panel de concreto, spandrel, vidrio, panel de aluminio, etc.
- ¿Qué soporta la pared exterior? - Montante de acero, parteluces de aluminio, etc.
- ¿Cuál es la clasificación de resistencia al fuego que se busca? - Clasificación **FR** (1 - 2 horas)
- ¿Cuál es la clasificación de resistencia al paso humos que busca? - Clasificación **LR** (<,1 SCFM/LF)
- ¿Qué tamaño de junta se requiere (pulgadas) - Medida desde el borde de la losa al punto más cercano del muro cortina
- ¿Cuánto movimiento se requiere? - Debe adaptarse al movimiento el porcentaje % del tamaño de la junta.
- ¿Hay consideraciones especiales? – Condiciones, exposición ambiental durante la instalación, etc.

Por ejemplo: Siguiendo los pasos que se indican a continuación, se puede identificar fácilmente el sistema cortafuego perimetral.

Paso 1: Inicie sesión en www.intertek.com. En el sitio International Code Council que desarrollan Evaluation Services se pueden encontrar sistemas listados: www.icc-es.org o www.icc-nta.org

Paso 2: Escriba "Product Directories" en el cuadro de búsqueda

Paso 3: Haga clic en el Directorio de productos de construcción mencionado en la descripción de Directorios de productos:

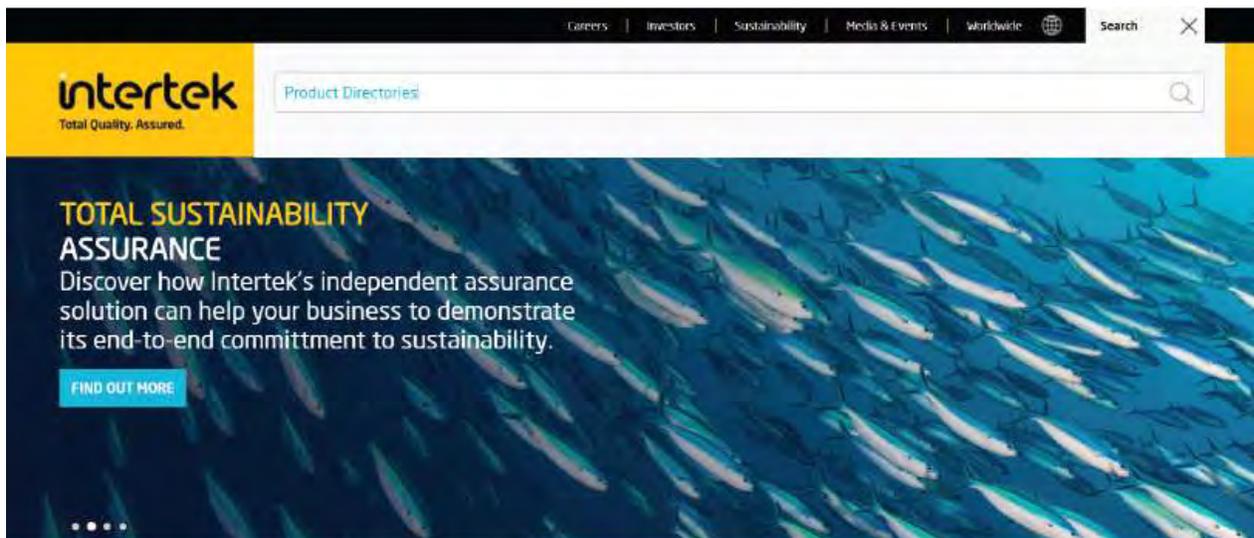


Figura 79. Búsqueda en Product Directories

Paso 4: Rellene el criterio disponible, como el nombre de la norma ASTM E2307 para seleccionar el sistema de junta perimetral cortafuego.

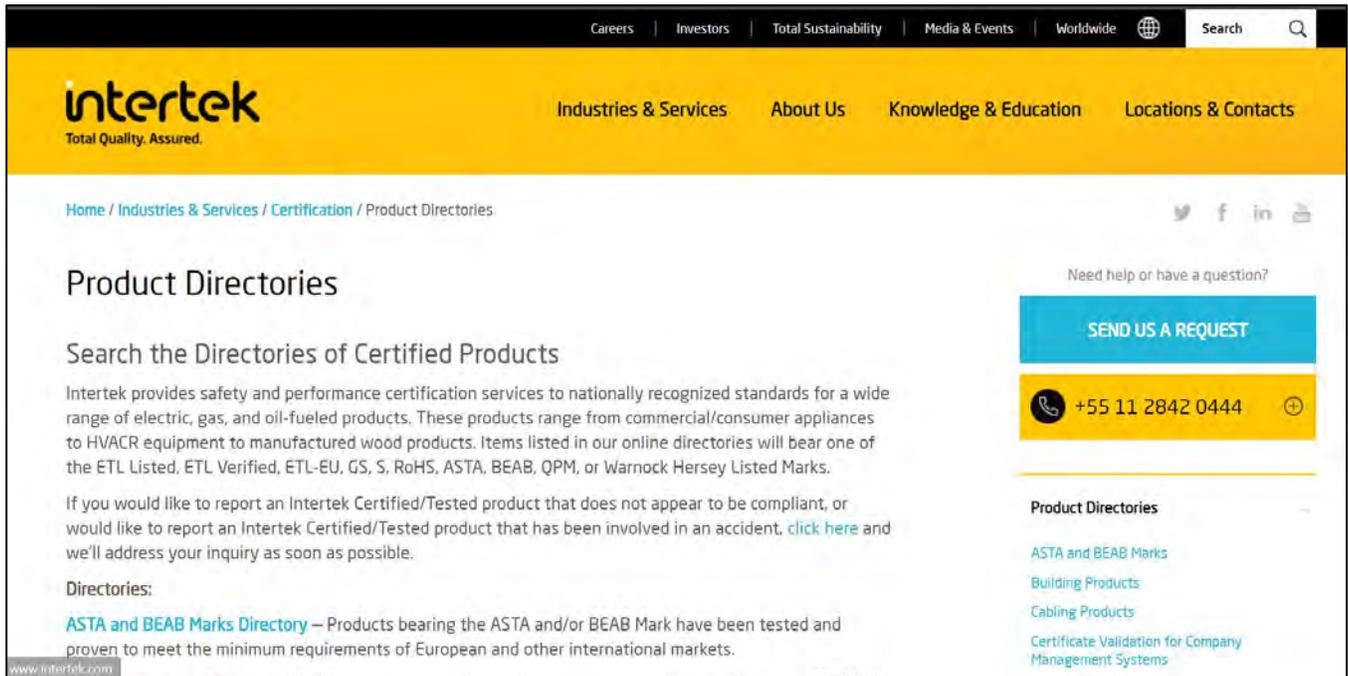


Figura 80. Búsqueda en del estándar ASTM E2307

Paso 5: Haga clic en el enlace proporcionado en azul para acceder a los detalles de la certificación:

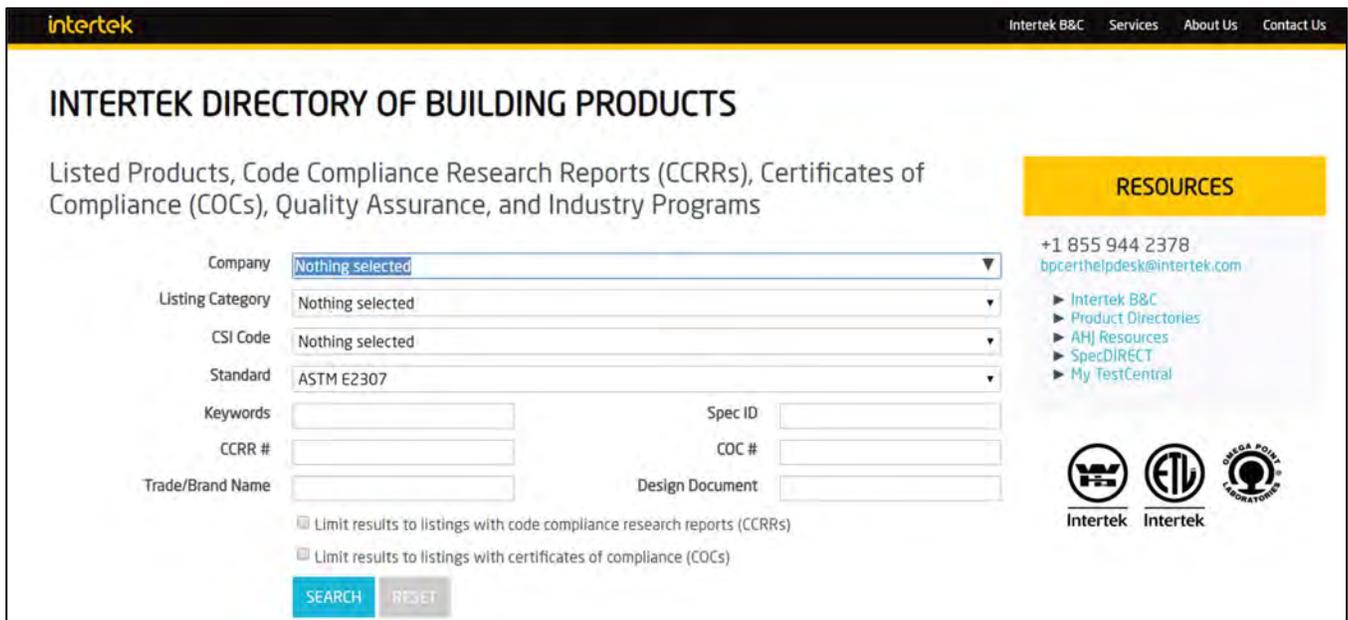


Figura 81. Búsqueda en del estándar ASTM E2307

Paso 6: Por ejemplo, si hacemos clic en la primera fila - "ver todos en listado" aparece la siguiente página:

Product Directories
 AHJ Resources
 SpecDIRECT
 My TestCentral

Intertek Intertek OMEGA POINT LABORATORIES

Limit results to listings with code compliance research reports (CCRRs)
 Limit results to listings with certificates of compliance (COCs)

SEARCH RESET

Company ▲	Listed Product	Spec ID	Standard	More
Hilti Corporation	Hilti Corporation - CFS-SP WB (USA) Firestop Joint Spray	29840	ASTM E1966 (2007); ASTM E2307 (2004) e1; ASTM E2307 (2010); ASTM E2307 (2015); CAN / ULC S115 (2011); UL 2079 Air Leakage (2004)	Design Document: View all on listing
Hilti Corporation	Hilti Corporation CFS-SP WB (Europe) Firestop Joint Spray	25901	ASTM E1966 (2007); ASTM E1966 (2015); ASTM E2307 (2004) e1; ASTM E2307 (2010); ASTM E2307 (2015); CAN / ULC S115 (2011); UL 2079 Air Leakage (2004)	Design Document: View all on listing
Hilti Corporation	Hilti Corporation CP 672 Speed Spray (Formulation W)	28245	ASTM E1966 (2007); ASTM E2307 (2004) e1; ASTM E2307 (2010)	Design Document: View all on listing

Figura 82. Todos los listados

Paso 7: Desde la página mostrada arriba, podemos elegir cualquier sistema relevante según nuestros requisitos. Por ejemplo, abrir HI/BPF 120-12

Intertek B&C Services About Us Contact Us

INTERTEK DIRECTORY OF BUILDING PRODUCTS

Hilti Corporation - CFS-SP WB (USA) Firestop Joint Spray

Company: Hilti Corporation

CFS-SP WB (formerly known as CP 672-YO) Firestop Joint Spray is an elastomeric, water-based joint sealant applied as a spray. It is designed to adhere to concrete, galvanized steel, gypsum board, mineral wool, plaster board, or wood. It is generally used to seal voids to control the transmission of fire, heat, and smoke in joint systems. CFS-SP-WB is available in 5 gallon pails for easy jobsite mobility.

RATINGS
 ASTM E2307
 ASTM E1966
 CAN/ULC S 115
 UL 2079

CFS-SP WB Firestop Joint Spray

System Number	Rating
HI/JF 120-01	2-Hour
HI/JF 120-02	2-Hour
HI/JF 120-03	2-Hour

System Number	FTH Rating
HI/JF 120-01	2-Hour

ATTRIBUTES

Code Reports No
 Criteria UL 2079 Air Leakage (2004)
 Criteria ASTM E2307 (2004) e1
 Criteria ASTM E1966 (2007)
 Criteria ASTM E2307

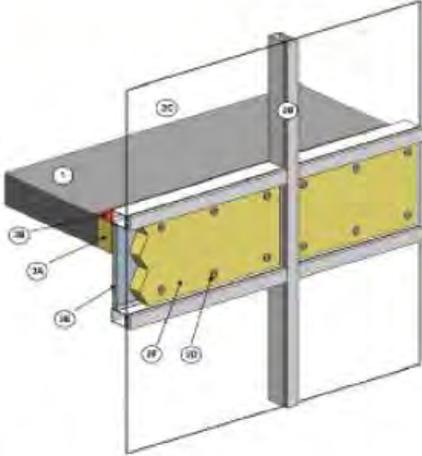
DESIGN DOCUMENTS

Certificate of Compliance - Hilti Corporation - CFS-SP WB (USA) Firestop Joint Spray
[HI/BP 105-01](#)
[HI/BP 105-02](#)
[HI/BP 120-01](#)
[HI/BP 120-02](#)

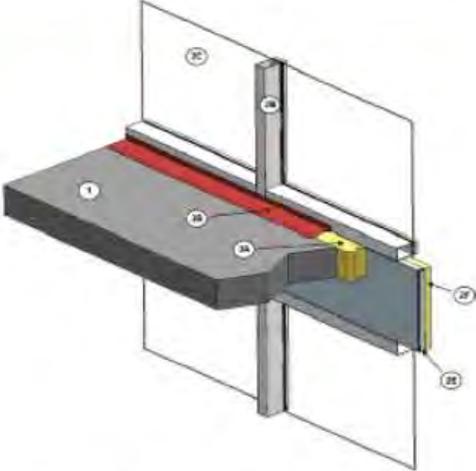
Figura 83. Sistema de junta perimetral seleccionado

Paso 8: Se abre el siguiente certificado de listado detallado:

		Division 07 – Thermal and Moisture Protection 07 84 00 Firestopping 07 84 53 Building Perimeter Firestopping	
Hilti Corporation Design No. HI/BPF 120-12 Perimeter Fire Barrier System Firestop Joint Spray ASTM E 2307 Table 1.			
	Firestop Joint Spray CFS-SP WB	Firestop Joint Spray CFS-SP SIL	
F-Rating	2 Hour	2 Hour	
T-Rating	1 Hour	1 Hour	
Application Thickness	1/8 in. wet film (1/16 in. dry)	2 mm (0.079) wet film	
Cycling Type IV*			
Horizontal	± 12.5%	± 12.5%	
Vertical	± 12.5%	± 12.5%	
L-Rating**	< 1.0 SCFM/LF	< 1.0 SCFM/LF	



1. CONCRETE FLOOR ASSEMBLY: 2 hour rated concrete floor assembly made from either lightweight or normal weight concrete with a density of 100 to 150 pcf, having a min. thickness of 6 in. at the joint face. When a longitudinal recess (blockout) is required to contain an architectural joint system, increase



concrete floor assembly thickness to maintain a min. thickness of 6 in. and accommodate depth of blockout formed in the concrete: blockout width unrestricted.

Figura 84. Ejemplo de sistema listado

5.10. Instalación e inspección

La inspección de cortafuego de muros cortina no se aborda específicamente en los códigos de Latinoamérica o IBC 2021. Por regla general, se trata de sistemas y, por lo tanto, deben instalarse de acuerdo con las instrucciones de instalación del fabricante. Los usuarios del código deben conocer la norma ASTM E 2393, (Standard Practice for On-Site Inspection of Installed) práctica para la inspección en sitio de sistemas de juntas resistentes al fuego y barreras perimetrales contra incendios.

ICC-ESR

Un Informe del Servicio de Evaluación ICC (ESR) será de gran ayuda para demostrar la equivalencia con los requisitos del código. Puede consultar el sitio web del Servicio de Evaluación ICC (ICC-ES) para identificar informes de evaluación y listados de diversos productos y sistemas.

<https://icc-es.org/>

El directorio es fácil de buscar utilizando varios filtros, como el número de informe, el fabricante, el nombre del producto y la edición del código.

The screenshot shows the ICC-ES Reports Directory search page. At the top, there is a navigation menu with the ICC Evaluation Service logo and several program categories: Evaluation Reports Program, PMG Listing Program, Building Products Listing Program, Environmental Reports Program, Marketing Claim Verification Program, Renewables Wind/Solar, and Food Safety Certification Program. Below the menu, the breadcrumb trail reads 'Home > Evaluation Reports Program > Reports Directory'. The main heading is 'Reports Directory'. There are two tabs: 'Reports Directory' (selected) and 'Reports arranged by CSI (Construction Specifications Institute)'. A link 'How to read an ICC-ES Evaluation Report' is visible. The search section is titled 'SEARCH REPORTS' and contains four input fields: 'Report Number', 'Manufacturer', 'Country' (with a dropdown menu set to 'All'), and 'Product'. Below these is a 'Code Edition' dropdown menu set to 'All'. There are two buttons: 'SEARCH' and 'RESET'. A yellow box contains a 'PLEASE NOTE' section with text about report validity and a 'VIEW LEGACY REPORTS' button.

Figura 85. Búsqueda de sistemas listados en ICC-ES

6. ATRIBUTOS ADICIONALES

Además de lo que se ha tratado en los capítulos anteriores de este libro, hay otros detalles importantes sobre los sistemas cortafuego que pueden ser de gran ventaja para cualquier arquitecto, diseñador, propietarios de edificios e inspectores.

6.1. Clasificación corta humo

Se ha visto que la inhalación de humo es una de las causas más comunes de daños en incidentes por incendio. Según la National Fire Protection Association (NFPA), la mayoría de las muertes en incendios se deben a la inhalación de humo más que a quemaduras. ¿Por qué es tan difícil escapar de un incendio? Una de las muchas razones que se atribuyen es que el humo puede ser tan denso y espeso que los ocupantes se desorientan. Para que se produzca un incendio el fuego necesita oxígeno y consume gran parte del disponible para que los individuos puedan respirar y permanecer conscientes.

Esto puede ocurrir tan rápidamente que los ocupantes se ven superados e incapaces de alcanzar las salidas de fácil acceso. El siguiente gráfico de la NFPA ilustra lo que le ocurre a una persona con distintos niveles de oxígeno. Observe que una vez que niveles de oxígeno caen a la mitad de lo normal, el movimiento hacia las salidas se hace difícil o imposible:

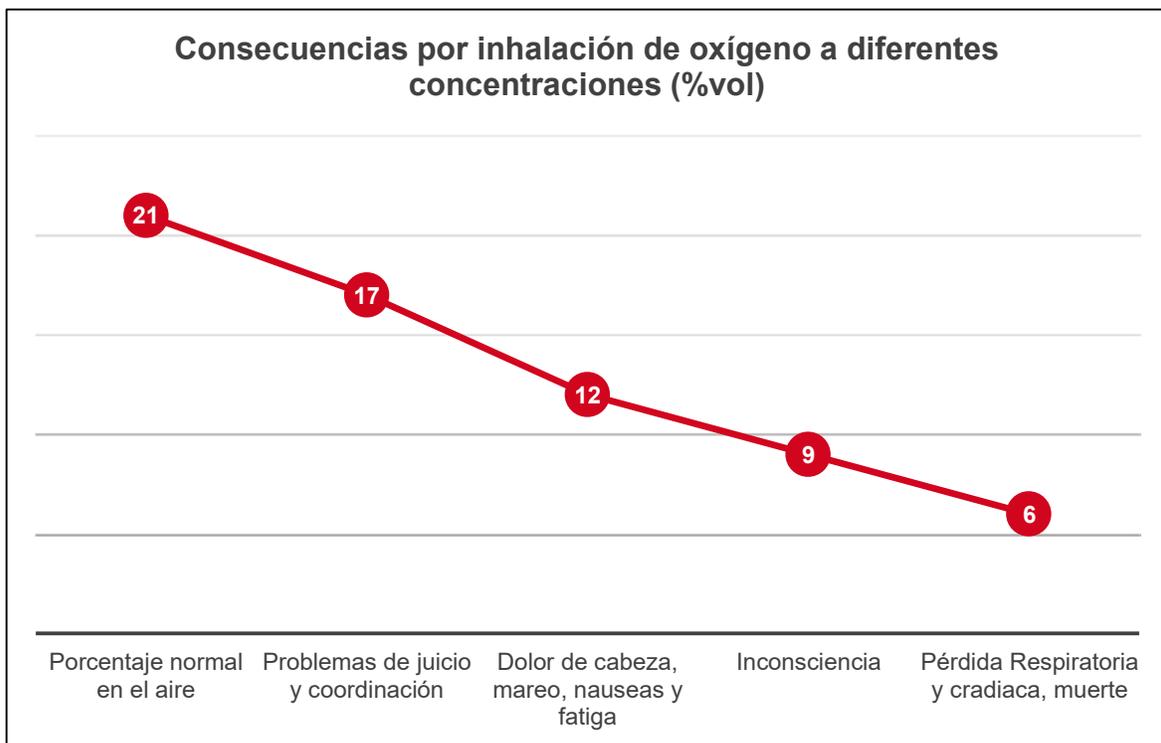


Figura 86. Consecuencias por inhalación de oxígeno deficiente

Por lo tanto, para superar este peligro crítico es importante que los edificios se diseñen teniendo en cuenta no sólo la resistencia al fuego, sino también al paso de humo.

Esta es la razón por la que algunos códigos de construcción de todo el mundo exigen que el edificio se diseñe teniendo en cuenta también la compartimentación de humo.

Pero para esto, se puede tomar como referencia el IBC, donde las barreras de humo que cumplen con la Sección 709 del IBC se utilizan en varias secciones dentro del código para compartimentar el edificio.

Las barreras de humo son requeridas en lugares donde los ocupantes son incapaces de evacuar; por lo tanto, el IBC utiliza un tipo de protección de defensa en sitio. Esto podría incluir edificios como hospitales, cárceles, centros de atención ambulatoria y áreas de refugio como parte de un medio de salida accesible.

Las barreras cortahumo también se utilizan para compartimentar edificios subterráneos, como parte de un sistema de control de humos y para proteger los vestíbulos de evacuación de los ocupantes. Las barreras cortahumo pueden ser muros o conjuntos horizontales dependiendo de las direcciones de protección tanto contra el fuego como contra la propagación del humo.

En general, las barreras cortahumo requieren una resistencia mínima al fuego de 1 hora con requisitos de continuidad muy específicos. Por lo tanto, las disposiciones tanto para muros (Sección 714.4) como para conjuntos horizontales (sección 714.5) especifican que las penetraciones deben protegerse considerando su resistencia al fuego y su función de limitar la propagación del humo. Esto se consigue mediante la referencia a la sección 714.5.4 y las disposiciones relativas a las penetraciones en las barreras cortahumo.

714.5.4 Penetraciones en barreras antihumo. Las penetraciones en *barreras antihumo* deben estar protegidas por un *sistema de penetración total* antifuego instalado y probado de acuerdo con los requisitos de UL 1479 para pérdidas de aire. La *clasificación L* del sistema medido a 0.30 pulgada (7.47 Pa) de agua tanto para pruebas a temperatura ambiente como para pruebas a temperatura elevada, no debe exceder cualquiera de lo siguiente:

1. 5.0 cfm por pie cuadrado ($0.025 \text{ m}^3/\text{s} \times \text{m}^2$) de abertura de penetración para cada *sistema de penetración total antifuego*.
2. Una pérdida acumulada total de 50 cfm ($0.024 \text{ m}^3/\text{s}$) para 100 pies cuadrados (9.3 m^2) cualesquiera de área de muro o área de piso.

Figura 87. Extracto del IBC Sección 714.5.4

Del texto IBC anterior se desprende que las penetraciones en las barreras cortahumo deben someterse a la prueba UL 1479 y recibir una clasificación **LR**, que indica que el sistema cortafuego de penetración se ha evaluado en cuanto a fugas de aire. La norma ASTM E 814 no dispone actualmente de un protocolo de ensayo para la clasificación **LR**. Por lo tanto, el código especifica el cumplimiento de la norma UL 1479. La clasificación **LR** proporciona una indicación cuantitativa de la capacidad del sistema de penetración para resistir el paso del humo.

Dado que el ensayo de clasificación **LR** es opcional dentro de la norma de ensayo UL 1479, los usuarios de códigos no deben asumir simplemente que un sistema cortafuego ensayado con el estándar UL considera también ser cortahumo y deben verificar que el sistema cortafuego utilizado ha sido ensayado y ha recibido la clasificación **LR**. El código especifica que la cantidad de fuga permitida no puede exceder de 5,0 pies cúbicos por minuto (cfm) por pie cuadrado de abertura para cada penetración, o una tasa de fuga total de 50 cfm por cada 100 pies cuadrados de superficie de pared o suelo.

Tener un requisito de clasificación **LR** en el código proporciona un medio específico para evaluar las capacidades del sistema y elimina los requisitos subjetivos de que las barreras cortahumo deben "limitar", "restringir" o "resistir" el paso del humo.

Un nivel de rendimiento especificado reduce la aplicación incoherente de los requisitos y ayuda a los usuarios del código a saber con exactitud qué nivel exactamente qué nivel de rendimiento se requiere.

Es importante señalar que los sistemas de penetración deben evaluarse para su clasificación **LR**, tanto a temperatura ambiente como a temperatura elevada. Si bien es admisible que un sistema cortafuego intumescente con clasificación **FR** o **TR** deje un espacio entre el penetrante y el material cortafuego cuando se instala inicialmente (debido al hecho de que el intumescente se expandirá para cerrar el hueco cuando aumente la temperatura en la penetración), un sistema con clasificación **LR** debe proporcionar un sellado eficaz tanto en su instalación original como si se expone a temperaturas elevadas de un incendio.

Dado que el objetivo de la clasificación **LR** es detener la propagación del humo, el código reconoce que el humo podría viajar desde el punto de origen del fuego a un lugar donde la temperatura no se haya elevado hasta el punto de provocar la intumescencia de algún otro sello que no rellene los huecos completamente y que a la vez permita el paso del humo. Es por esta razón que surge la necesidad de detener el paso de humo a temperatura ambiente y que el IBC traduce en el requisito de contar con sistemas clasificados **LR** que sean evaluados tanto a temperatura ambiente como a una temperatura elevada de 400°F.

Dispositivos cortafuego prefabricados, como los dispositivos moldeados en sitio o manguitos rápidos para cables, que tienen dimensiones fijas y aberturas de pared o piso que se especifican para tener un tamaño fijo, normalmente sus valores **LR** se indican en unidades de pies cúbicos por minuto (cfm) por dispositivo.

Si se desea evaluar un dispositivo de este tipo con respecto al estándar límite de fuga de 5 cfm / ft² que el IBC establece para penetraciones individuales, la clasificación **LR** indicada en unidades de ft³/ min por dispositivo puede convertirse a ft³/ min ft² dividiendo el valor de la clasificación **LR** del dispositivo por el tamaño de la abertura en la pared o el suelo (las unidades de tamaño de la abertura deben estar en ft²).

La clasificación **LR** indicada para los dispositivos prefabricados puede encontrarse en forma de tabla con diferentes valores que dependen de cuál sea el elemento penetrante, o de lo lleno que esté el dispositivo con los elementos penetrantes. Por lo tanto, se aconseja al usuario evaluar cuidadosamente la clasificación **LR** correcta que se debe utilizar para una instalación en función de cuántos y qué elementos penetrantes a través del dispositivo van a pasar, así como también qué tantos cambios durante la vida útil de la penetración se pueden tener, ya que muchos de estos dispositivos están diseñados a propósito para adaptarse fácilmente a los cambios (como añadir o quitar cables) durante la vida útil del edificio.

Los sistemas cortafuego que pueden utilizarse en aberturas de tamaño variable, que normalmente serían sistemas cortafuego que usan selladores, bloques, almohadas, masilla u otros productos maleables, tendrán sus valores **LR** en 5 cfm /ft². Estos valores pueden compararse directamente con el umbral de fuga de aire de 5 cfm/ ft² del punto 1 de la sección 714.5.4.

Si se desea utilizar la segunda opción de 714.5.4 para estas penetraciones, los 50 cfm combinados de fuga de aire a través de todas las penetraciones dentro de un área de 100 pies cuadrados, entonces el valor de cfm por pie cuadrado para cada penetración debe convertirse primero a cfm antes de sumarlos todos.

Para convertir los cfm/ ft² a cfm multiplique el valor de la clasificación L de cfm / ft² por el tamaño de la abertura cortafuego, utilizando unidades de pies cuadrados para el tamaño de la abertura. Después de esta conversión, la fuga en cfm a través de todas las penetraciones cercanas puede sumarse para obtener el resultado y determinar si la fuga total está dentro de los 50 cfm permitidos por cada 100 pies cuadrados.

6.2. Capacidad de movimiento

Durante y después de un gran sismo, siempre existe el riesgo de que se produzca un incendio debido a los daños en las tuberías de gas, los sistemas eléctricos, etc. Los registros históricos muestran que los sismos suelen provocar pequeños incendios, que a veces se convierten en grandes incendios destructivos que causan la pérdida de vidas humanas y graves daños materiales.

El suministro inadecuado de agua es la principal razón de los daños causados por los terremotos. Esto se debe principalmente a los daños a la red subterránea de distribución de tuberías, pero también a muchos otros componentes activos relacionados con la protección

contra incendios. De los trece sucesos que figuran en el cuadro siguiente, sólo uno parece no haber sufrido daños importantes en los sistemas de abastecimiento de agua y este es un importante motivo de preocupación para los diseñadores y proveedores de infraestructuras.

Tabla 9. Casos de incendio post- sismo

Sismo	Causa y alcance del fallo de suministro	Consecuencias de la falla de suministro
San Francisco, 1906	Falla completa de agua en gran parte de la ciudad. Tres grandes conductos de agua fallaron. Daños generalizados en el sistema de distribución	La ausencia de agua perturbó gravemente la respuesta. Los incendios crecieron rápidamente hasta la conflagración, impulsados por los persistentes cambios de viento
Tokio, 1923	Falla completa del suministro de agua	Propagación masiva del incendio
Napier, 1931	Falla completa del suministro de agua. Falla en tuberías de agua. Volcamiento del tanque de agua	Suministros de agua improvisados permitió a los bomberos detener la propagación.
Long Beach, 1933	Ruptura de la tubería subterránea de agua	No se reportan detalles
Niigata, 1964	Ruptura de la tubería subterránea de agua	No se reportan detalles
San Fernando, 1971	Las tuberías de agua quedaron destruidas. Las reservas en pozos se rompieron y no hubo electricidad para activar el sistema de bombeo	No hubo una propagación seria ya que se utilizó el agua de las piscinas para mitigar el incendio.
Managua, 1972	Ruptura de la tubería subterránea de agua	La ausencia en el suministro de agua obstaculizó el trabajo de bomberos
Ciudad de México, 1985	Algunas áreas de las tuberías de suministro sufrieron daños	La ausencia en el suministro de agua obstaculizó el trabajo de bomberos

Por lo tanto, es muy importante que todos los componentes de compartimentación, como los sistemas cortafuego, sean capaces de resistir durante un tiempo adecuado cuando se produzca un incendio posterior a un sismo. Los códigos de construcción de países como México, Chile, Perú, Colombia y Argentina no consideran este criterio a diferencia de países como Panamá, Ecuador, Uruguay, Costa Rica y República Dominicana que basan sus códigos de construcción en NFPA 101. Sin embargo, hay un desconocimiento general del tema de movimiento y muchos organismos encargados de supervisar este requisito, no lo solicitan.

El IBC 2021 no incluye el concepto de movimiento en penetraciones pasantes, pero recientemente, ASTM publicó un estándar sobre Movimiento llamado, ASTM E3037 Standard Test Method of Measuring Relative Movement Capabilities of Through Penetration Firestop Systems. Esta norma aborda específicamente la metodología de ensayo de los sistemas cortafuego pasantes en cuanto al movimiento.

6.3. Aislamiento acústico

Las mejoras de los materiales existentes y el desarrollo de nuevas soluciones han ampliado los límites de la libertad de diseño de arquitectos e ingenieros. A menudo, estos edificios modernos están ocupados por varios grupos con usos muy diferentes. La transmisión del sonido a través de las paredes y suelos de estos edificios se convierte en una consideración importante durante el diseño para solventar las necesidades de los ocupantes.

Esto parece una tarea sencilla con todos los diversos diseños de paredes y suelos disponibles con coeficientes de transmisión acústica probados (STC). Sin embargo, la complejidad de esta cuestión surge cuando estas paredes y suelos también deben mantener separaciones resistentes al fuego entre los espacios ocupados dentro del edificio y la clasificación STC, en estos casos, la clasificación de resistencia al fuego de estos conjuntos se ven comprometidas por penetraciones de plomería, eléctricas y mecánicas, así como las juntas creadas entre los conjuntos de pared y suelo. Aquí es donde los productos de protección pasiva contra el fuego, conocidos comúnmente como cortafuego ayudan a mantener la clasificación STC del sistema, así como la clasificación de resistencia al fuego.

6.3.1. Determinación de clasificaciones STC

Durante las pruebas de transmisión del sonido en un laboratorio, el sonido se transmite de una habitación a otra únicamente a través de la pared de separación o de la muestra de suelo sometida a ensayo. Sin embargo, en un edificio además de la transmisión del sonido, existen de las vibraciones estructurales asociadas, como se indica en la siguiente figura. Como resultado, el aislamiento entre recintos adyacentes de un edificio suele ser mucho menor de lo que cabría esperar a partir de la transmisión acústica nominal del sistema de muro o suelo de separación.

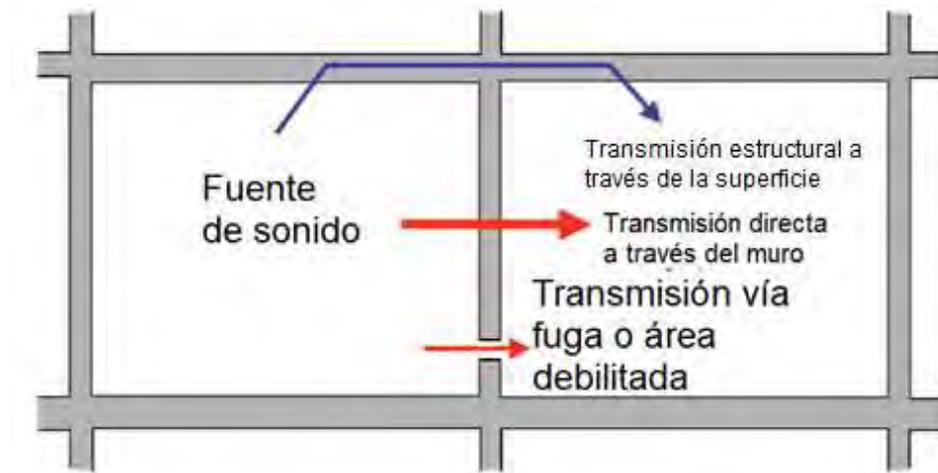


Figura 88. Transmisión del sonido

Los ensayos de transmisión acústica simulan los mismos modos para determinar el rendimiento de los productos cortafuego. La Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM) ha desarrollado varios estándares de ensayo para determinar las pruebas acústicas de diferentes productos. Una de las normas más utilizadas es la ASTM E-90 “Método de ensayo estándar para la medición en laboratorio de la pérdida de transmisión acústica en el aire de los edificios”. Este estándar describe el método y procedimientos para medir la pérdida de sonido a través de conjuntos y calcular la clasificación STC global. De forma muy similar a una prueba de incendio, el estándar evalúa el rendimiento de todo el sistema (incluido el propio conjunto en sí, juntas, huecos y penetraciones dentro del conjunto) para medir y determinar la pérdida de transmisión del sonido (STL) y la clasificación de transmisión acústica (STC) resultante. El método definido por ASM F90 utiliza dos salas separadas que están divididas por un bloque. El conjunto por ensayar se instala dentro la partición divisoria. Una de las salas se designa como sala fuente y la otra sala se designa como sala de terminación. El aparato de ensayo está diseñado de forma que el sonido sólo se transmite a través de la muestra de ensayo.

Los materiales se evalúan para verificar que el sistema de productos que se está instalando puede mantener la clasificación deseada del conjunto; si un conjunto debe mantener una clasificación **FR** de 2 horas, entonces los materiales instalados deben ser capaces de mantener esa clasificación.

Una separación diseñada para proporcionar una clasificación STC, por ejemplo, de 50, entonces la configuración de los materiales utilizados para sellar las aberturas y juntas debe ser capaz de restaurar el conjunto de la pared de separación a la clasificación STC de 50.

Tenga en cuenta que la clasificación STC, al igual que la clasificación **FR** no se aplica al producto en sí, sino que se proporciona para una instalación específica del producto en una pared concreta. La reducción de la transmisión del sonido entre las distintas estancias es muy importante para el nivel de confort de los ocupantes. Arquitectos e ingenieros están empezando a incorporar estos requisitos acústicos en sus proyectos.

Los códigos de construcción modernos también empiezan a reconocer la importancia de minimizar el sonido entre las separaciones de los inquilinos. El Código de Edificación Residencial de 2012 exige que se mantenga un STC de 50 para viviendas residenciales multifamiliares. Este requisito garantiza que la transmisión del sonido entre los espacios ocupados se mantenga al mínimo.

La transmisión del sonido es una preocupación creciente en el sector de la construcción actual. Se están instalando productos cortafuego no sólo para restringir el paso del fuego y los gases tóxicos, sino también para minimizar la propagación del sonido entre espacios ocupados. Existen normas de ensayo como ASTM E-90 que ayudan a evaluar el rendimiento de estos productos. Los productos cortafuego forma parte de un conjunto STC global. Una separación de una pared o suelo que tenga un STC de 45, por ejemplo, no puede aumentarse a 50 simplemente añadiendo un producto cortafuego que puede haber sido probado hasta 50 de acuerdo con la norma ASTM E-90. El producto sólo puede proporcionar una clasificación equivalente a su clasificación probada con el sismo completo en donde se está instalado.

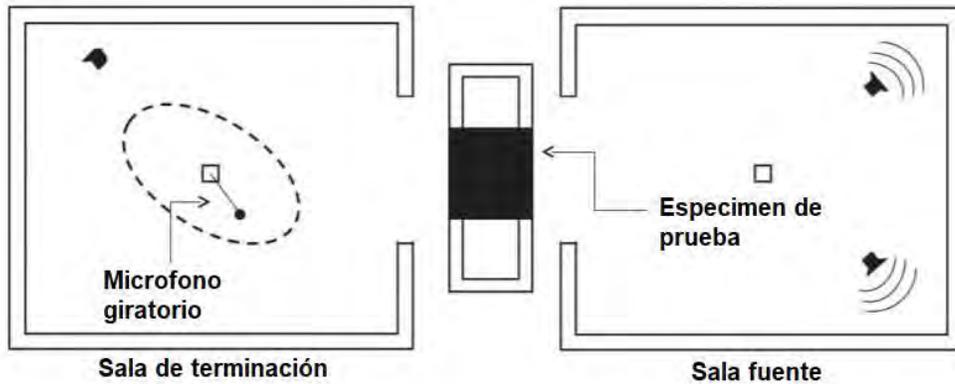


Figura 89. Configuración típica de ASTM E-90

7. SISTEMAS CORTAFUEGO INNOVADORES

Es un trabajo muy importante y rutinario que un edificio sea auditado a través de inspectores de incendios y entidades aseguradoras. La mayoría de los sistemas tradicionales, como selladores y masillas, son muy difíciles de inspeccionar y calificar debido al contenido de material cortafuego para la penetración, el grosor del relleno en caso de juntas. Por ello, la industria ha estado innovando los sistemas para una inspección más fácil de estos sistemas de seguridad mediante inspección visual. Aquí es donde gran parte de la inspección puede verse optimizada al usar dispositivos ensamblados en fábrica que pueden instalarse según las instrucciones de instalación. De este modo, los inspectores pueden calificar visualmente y garantizar la presencia del sistema cortafuego adecuado. Para una mejor comprensión y claridad del lector sobre tales sistemas, se proporcionan sólo algunas innovaciones peculiares en la industria de cortafuego, pero hay muchos más ejemplos de tales innovaciones disponibles de diferentes fabricantes.

7.1. Innovaciones en sistemas cortafuego para el sector eléctrico

Mangas intumescentes: Muchas veces, se observa que, para reducir el número de penetraciones en un edificio para cables de baja tensión y media tensión, los diseñadores tienden a diseñar núcleos circulares en el edificio. Estos núcleos circulares se utilizan posteriormente para que los cables eléctricos pasen de un compartimento a otro. Por ello, la industria ha introducido múltiples tipos de dispositivos de mangas que pueden instalarse fácilmente con una formación mínima. Estos dispositivos también suponen una gran ventaja para el propietario del edificio, ya que se pueden repenetrar simplemente pasando los nuevos cables. Y de la misma manera, los cables pueden retirarse. A continuación, encontrará la imagen de uno de estos dispositivos



Figura 90. Mangas intumescentes

Sistemas de tránsito de cables cortafuego para industrias: Las industrias a menudo desean un sistema cortafuego con mucha más capacidad que la de proporcionar únicamente una clasificación de resistencia al fuego. Algunas de las demandas común de las industrias es que tales sistemas cortafuego deben proteger los cables de alta tensión de mayor diámetro protegiéndolos individualmente. Aquí es donde los arquitectos y diseñadores pueden referirse a sistemas de tránsito de cables que pueden soportar hasta cierta sobrepresión como resultado de ondas expansivas por explosiones y proteger los cables individualmente. A continuación, se muestra la imagen de uno de estos dispositivos.



Figura 91. Sistemas de tránsito de cables cortafuego para industrias

7.2. Innovación en sistemas cortafuego mecánicos

La práctica tradicional de la aplicación de cortafuego en tuberías poliméricas ha sido el uso de sellantes cortafuego. Este no sólo resulta tedioso de instalar a veces, sino que tampoco es fácil de inspeccionar. Aquí es donde vemos que la industria innova con dispositivos cortafuego para tuberías poliméricas introduciendo sistemas cortafuego que pueden instalarse fácilmente durante la fase de colado de losas.

Cuando se colocan en losas en la fase de cimbrado, un contratista de tuberías puede localizar estos dispositivos visualmente y pasar las tuberías simplemente abriendo la tapa de los dispositivos. Al mismo tiempo, para un inspector observar visualmente estos dispositivos sin tocarlos. A continuación, se muestra la imagen de uno de estos dispositivos.

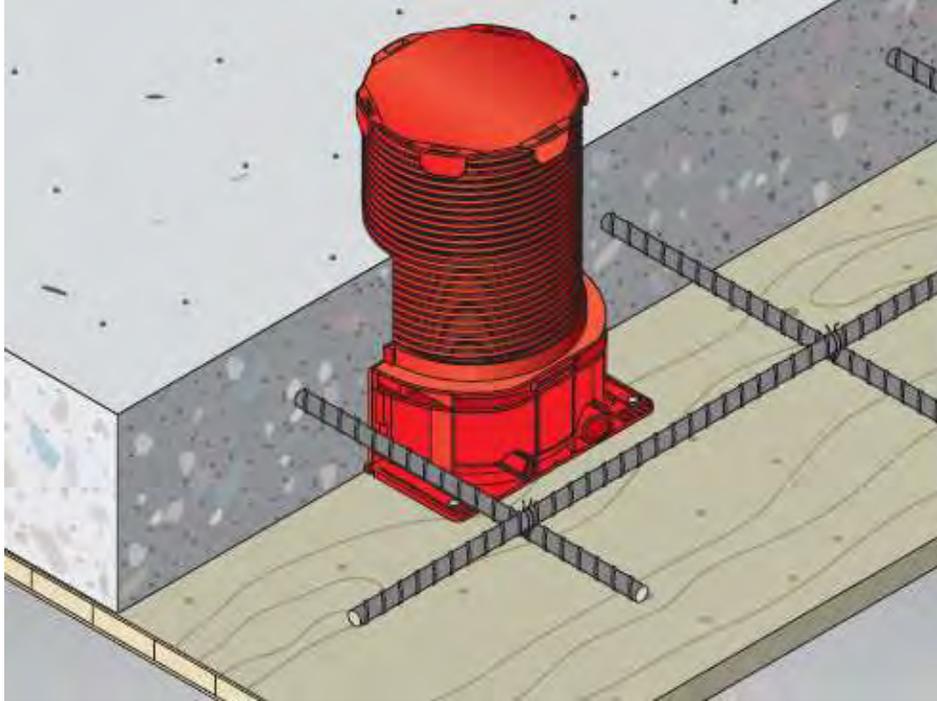


Figura 92. Dispositivos cortafuego preinstalados

7.3. Innovación de sistemas cortafuego para muros cortina

Se observa en muchos lugares que la aplicación de lana mineral y el sellador a través del sistema de pulverización para sistemas cortafuego de muros cortina acaba siendo un trabajo tedioso y especializado. Además, el sellador se debe aplicar y mantener un espesor específico en toda la longitud del hueco. Esto resulta difícil para los inspectores inspeccionar manualmente. Es por esto, que se ha desarrollado innovaciones que se ponen a disposición de diseñadores y arquitectos, donde la instalación es sencilla. Este sistema de sellado rápido para muros cortina puede cortarse a medida e instalarse en el hueco mediante un ajuste a presión.



Figura 93. Sistema cortafuego innovador para muros cortina

ANEXOS

Anexo A. Modelo de especificaciones en proyectos

Especificación genérica frente a especificación exhaustiva

En cualquier proyecto, es muy importante que las especificaciones sean exhaustivas y proporcionen los detalles pertinentes al equipo de construcción e instalación para evitar confusiones y decisiones sin considerar el aspecto técnico.

Se ha visto que, por ejemplo, el texto de especificaciones genéricas como el mencionado a continuación son de naturaleza confusa.

Especificación genérica - *"Las penetraciones y juntas en elementos con clasificación de resistencia al fuego deben tener la misma clasificación de resistencia al fuego que el elemento que atraviesan".*

Al mismo tiempo, si las especificaciones del proyecto son exhaustivas y bien estudiadas, no sólo proporciona una buena claridad al contratista, sino que también ayuda a presupuestar correctamente y a cumplir los códigos y normas nacionales de construcción. Un pliego de condiciones completo como el que se menciona a continuación puede servir de ejemplo.

Especificación completa - *"Para grandes aberturas y penetraciones complejas realizadas para alojar bandejas de cables y haces múltiples tuberías de acero y cobre, bloque preformado CFS BL fabricado de poliuretano intumescente para sellado cortafuego temporal o permanente alrededor de cables, haces de cables y conductos.*

Características de combustión de la superficie según UL 723 (ASTM E84-01): Índice de propagación de la llama 10 e índice de desarrollo del humo 15. La densidad es de 0,27 g/cm³ y la temperatura de expansión (activación intumescente) es de unos 200°C (392°F). Ensayos sobre mecánica, de humos y de fuego. Aplicación a cargo de CONTRATISTA (_____ contratista especializado en cortafuego acreditado) y el aplicador debe presentar un informe con todas las fotos del sistema instalado y los certificados UL 1479 pertinentes o el Juicio de Ingeniería (EJ) proporcionado por el fabricante.

Para información de los lectores, este libro también contiene algunos informes de pruebas de sistemas cortafuego de UL o Intertek. Esto se proporciona al lector con fines de referencia, ya que existen muchos sistemas de este tipo de diferentes fabricantes y estos son sólo algunos ejemplos.

Igualmente, en planos de construcción o detalles típicos es posible colocar los códigos de los sistemas listados a fin de crear un bloque de tipos de sellos a instalar con la misma configuración y de esta manera facilitar el trabajo del contratista y el inspector.

Anexo B. Modelo de juicios de ingeniería

Logo del fabricante o elaborador de EJ	JUICIO DE INGENIERÍA / DETALLE CORTAFUEGO		
Datos de la empresa fabricante	PROYECTO:		Fecha:
			Folio:
Detalles:			PERSONA DE CONTACTO:
<p style="text-align: center;">Descripción del sistema cortafuego</p> <div style="border: 2px solid black; width: 30%; margin: 20px auto; padding: 10px; text-align: center;"> <p>Detalle constructivo (Opcional)</p> </div> <p>Detalles:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. OBJETIVO 2. EVIDENCIAS DE PRUEBAS Y SISTEMAS LISTADOS DE REFERENCIA 3. ESTÁNDARES CONSIDERADOS, FR: TR: LR: <p style="margin-left: 20px;">Ratings adicionales considerados</p> <p style="margin-left: 20px;">DETALLES ADICIONALES</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. DETALLES DE INSTALACIÓN 			
Logo	Diseñado por	Pagina x de x	
	Revisado por	Fecha	
			Número de Diseño

Anexo C. Modelo de placa de identificación

Las placas de identificación ayudan al inspector a tener comprobación de que el sello se instaló de manera adecuada y la trazabilidad necesaria en caso de modificaciones o alteraciones.

PRECAUCIÓN: SELLO RESISTENTE AL FUEGO	
Sello cortafuego de acuerdo con el estándar	LOGO EMPRESA
Número del listado: _____	
Clasificación de Resistencia al fuego (FR) ____ h; aislamiento (TR) ____ h	
Fabricante: _____	
Contratista: _____	
Mes / Año de instalación: _____ / _____	
Cualquier daño pueden ANULAR la resistencia al fuego de este sello. Notificar al responsable	

Anexo D. Modelo de lista de verificación de inspección de sellos en penetraciones

Inspector/ cliente:
Piso/cuarto/ubicación:
Aplicación:

Proyecto:
Penetración No.:
Producto cortafuego:

Lista de verificación para penetraciones	Ok <input type="checkbox"/> verificar <input type="checkbox"/> No cumple <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> No aplica <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Comentarios
1 El sello cortafuego está localizado correctamente (planos).	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
2 El acceso a la penetración no está obstruido y la inspección visual general está bien.	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
3 En la etiqueta, la clasificación de fuego (integridad y aislamiento) coincide con la UL.	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
4 El material base coincide con el especificado en la UL	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
5 El tipo de sistema está instalado correctamente.	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
6 La instalación del sistema se realiza de acuerdo con los planos de especificación, los detalles o la aprobación correspondiente	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
7. La abertura contiene los penetrantes correctos y no se ha utilizado para el paso de otros servicios.	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
8 Se han aplicado correctamente las instrucciones de uso del fabricante	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
9 Se han instalado sistemas de soporte para servicios (tuberías, bandejas) y accesorios (ganchos, anclajes) con resistencia al fuego.	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
10 Están las distancias entre penetrantes de acuerdo con el método aprobado.	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
11 El espacio anular coincide con el método aprobado.	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
12 La distancia al borde del sello está de acuerdo con el método aprobado.	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
13 El tamaño de las aberturas está de acuerdo con el método aprobado.	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
14 La práctica de relleno se realiza correctamente en grosor, compresión y profundidad.	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
15 Se han colocado correctamente los espesores de material cortafuego.	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
16 Es correcto el número, tamaño y la ubicación de los dispositivos Firestop (dos collares en cada lado, número de sujetadores, etc.	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
17 El sello de penetración tiene un acabado correcto.	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
18 Es necesario / considerado y / o cubierto un aislamiento (por ejemplo, aislamiento de tubería).	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
19 Está documentado el sello con aprobación o juicio de ingeniería.	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	

Anexo E. Modelo de lista de verificación de inspección de sellos en juntas constructivas y de fachada

Inspector/ cliente:

Proyecto:

Piso/cuarto/ubicación:

Penetración No.:

Aplicación:

Producto cortafuego:

Lista de verificación para juntas constructivas y de fachada	Ok <input type="checkbox"/> a verificar <input type="checkbox"/> No cumple <input type="checkbox"/> No aplica <input type="checkbox"/>	Comentarios
1 La junta cortafuego está localizado correctamente (planos).	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
2 El acceso a la junta no está obstruido y la inspección visual general está bien.	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
3 En la etiqueta, la clasificación de fuego (integridad y aislamiento) coincide con la UL.	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
4 El material base coincide con el especificado en la UL	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
5 La configuración de la junta se realiza de acuerdo con los planos y detalles de la especificación (muro cortina / borde de losa, vertical, horizontal, etc.)	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
6 La junta está adecuadamente dimensionada (ancho, distancias)	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
7 El sistema de sello de junta está aprobado	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
8 El sistema está probado para la cantidad, clase y tipo de movimiento requerido (dinámico)	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
9 Es correcto el material de empaque o relleno (material y densidad de lana mineral)	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
10 La práctica de relleno se realiza correctamente en grosor, compresión, dirección y profundidad.	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
11 Muro cortina / borde de juntas de losa: los parámetros requeridos de la junta están aplicados correctamente (enmarcado, tipos de travesaños / montantes, clips, aislamiento)	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
13 Los empalmes están instalados correctamente con las instrucciones del fabricante	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
14 Se han colocado correctamente los espesores de material cortafuego	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
15 Se identifica la adhesión del sello de la junta con el material base y, si corresponde, se considera la superposición	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
16 Se han aplicado correctamente las instrucciones de uso del fabricante	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
17 Si corresponde, ¿se admiten los requisitos acústicos?	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
18 Si corresponde, ¿el sistema de juntas es a prueba de agua?	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
19 Está documentado el sello con aprobación o juicio de ingeniería	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	
20 La junta cortafuego está localizado correctamente (planos).	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **International Building Code**, International Code Council, United States of America, edition 2021.
- **International Fire Code**, International Code Council, United States of America, edition 2021.
- **Firestopping, Joint Systems and Dampers**, Jay Woodward, ICC ®, First Printing: February 2015.
- **Procesos de Transferencia de Calor**, Donald Kern, trigésima primera reimpresión, México, 1999.
- **Firestopping**, Jay Woodward and Brij Bhushan Singh, First edition, India, 2019.
- **Best Practice Guide on Fire Stops and Fire Blocks and their Impact on Sound Transmission**, Richardson, J.K.; Quirt, J.D.; Hlady, R., First edition, Canada, 2007.
- **Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis**, Center for Chemical Process Safety, AIChE, 21 July 2010.

REFERENCIAS HEMEROGRÁFICAS

<https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.GROW?locations=ZJ>

<https://especificarmag.com.mx/donde-estamos-y-hacia-donde-vamos-en-seguridad-contra-incendios/>

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/ft/?id=8911dfb5-7276-45da-931b-076d58d2af71>

<https://www.idrd.gov.co/sites/default/files/documentos/Construcciones/10titulo-j-nsr-100.pdf>

<http://www.impo.com.uy/bases/instructivos-bomberos-dec-184-018/1-2018>

https://sau.org.uy/content/duf/DNBomberos/IT_03TerminologiadelIncendio1.pdf

<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/512096/NOM-001-SEDE-2012.pdf>

<https://www.bomberos.go.cr/wp-content/uploads/2020/07/Reglamento-Nacional-de-Proteccion-Contra-Incendios-VCP.pdf>

<https://www.mopc.gob.do/media/13661/r032-reglamento-seguridad-y-proteccion-contra-incendios-decreto-347-19 .pdf>

<https://www.bomberos.go.cr/wp-content/uploads/2022/05/Estadisticas-de-Incendios diciembre 2021 Absoluto.pdf>

<https://portalincendio.com.br/2022---o-ano-dos-incendios-em-edificacoes-por-que-mais-predios-sofrem-com-incendios--artigos-tecnicos>

<https://cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/2020/12/Escenario-de-Riesgo-por-Incendio-Urbano-del-Cercado-de-Lima-CENEPRED-MML.pdf>

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000017222>

<https://www.firestop.org/engineering-judgement-guidelines>

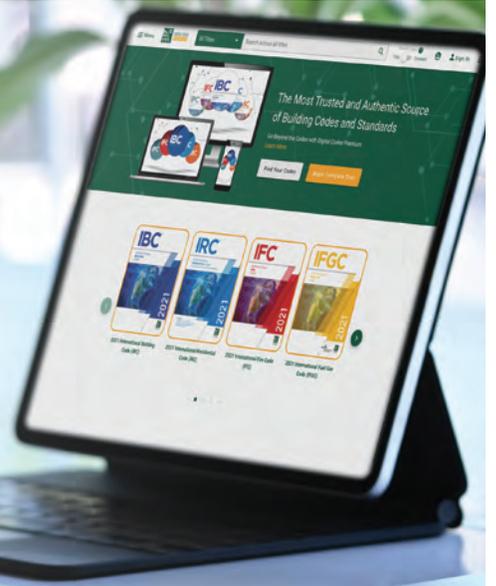
<https://fire.nv.gov/uploadedfiles/firenv.gov/content/Resources/lasvegashilton02101981.pdf>

<https://nfsa.org/2021/02/22/thirty-years-in-the-making-one-meridian-plaza-fire/>



DIGITAL CODES
PREMIUM[®]

codes.iccsafe.org



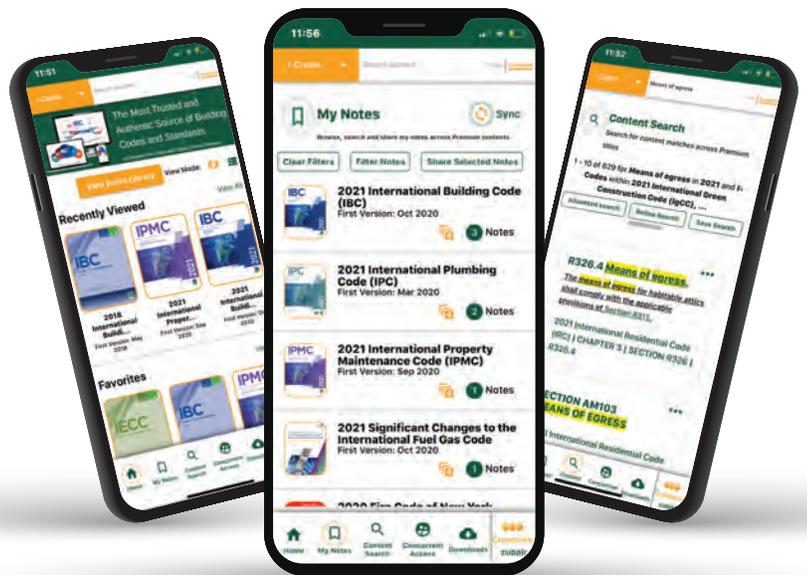
Cambie a lo digital, y trabaje de forma inteligente

Mejore su experiencia con los códigos con Premium Complete

Los Códigos Digitales de ICC son la fuente más confiable y auténtica de normas y códigos modelo, con cómodo acceso a la última versión de los códigos de todo Estados Unidos.

Siga conectado en cualquier lugar con nuestra aplicación *Premium Mobile*

- Vea los contenidos sin conexión
- Descargue hasta 15 títulos de Códigos
- Utilice las herramientas y funciones Premium



Learn how to use this powerful tool at codes.iccsafe.org



23-22906



Programas de Acreditación:

- Laboratorios Médicos
- Organismos de Certificación de Sistemas de Gestión
- Agencias de Inspección
- Organismos de Certificación de Productos
- Organismos de Certificación de Personal
- Laboratorios de Ensayo

Más Información:

- ✉ iasinfo@iasonline.org
- 🌐 www.iasonline.org

Acerca de IAS

El *International Accreditation Service (IAS)* es muy respetado y aceptado como un organismo de acreditación que opera al nivel más alto de normas éticas y técnicas. El IAS es una corporación sin fines de lucro y de beneficio público que ha proporcionado servicios de acreditación desde 1975. El IAS acredita una amplia gama de compañías y organizaciones, incluyendo entidades gubernamentales, empresas comerciales, y asociaciones de profesionales. Los programas de acreditación de IAS se basan en normas nacionales e internacionales reconocidas que facilitan la aceptación nacional y/o mundial de sus acreditaciones.



Acerca de los autores

Jay Woodward

International Code Council
Senior Staff Architect

Jay Woodward es arquitecto senior del departamento de Desarrollo de Negocio y Productos. Jay cuenta con más de 31 años de experiencia en diseño de edificios, construcción, aplicación de códigos e instrucción abordando cuestiones de aplicación y diseño de códigos para el personal, así como a arquitectos, diseñadores y contratistas. Jay ha servido previamente a la Secretaría del Comité de Normas ICC A117.1, del Standard committee, ICC's International Energy Conservation Code y el International Building Code dentro del Comité de Desarrollo del Código de Seguridad contra Incendios.

Es graduado de la Universidad de Kansas y arquitecto colegiado, antes de incorporarse al ICC Jay también trabajó como arquitecto para la Leo A. Daly Company en Omaha, Nebraska; como examinador de planos de construcción para la ciudad de Wichita, Kansas; y como arquitecto senior para la International Conference of Building Officials (ICBO). También es coautor de Cambios significativos en el International Building Code, edición de 2015, y autor de Cambios significativos en la norma A117.1 Accessibility Standard, edición de 2009.

Paloma Pérez

Hilti Regional Services S.A.
Gerente de Códigos y Aprobaciones (Fastening & Protection)

Paloma actualmente es parte del equipo de Hilti y colabora en diferentes comités de normalización en México, como UL, ONNCE y STPS; ABECE y CB 024 en Brasil, INN y el ICH en Chile. Además, ha sido profesora de maestría de protección pasiva de la Universidad Isabel I en España y es representante del International Firestop Council en Latinoamérica.

Paloma es Ingeniero Químico Petrolero egresada del Instituto Politécnico Nacional en México. Paloma se ha dedicado por más de 11 años al estudio del fuego, sistemas de protección activos y pasivos.

Anterior a su experiencia en Hilti, Paloma trabajó para diferentes compañías en México como CH2M Hill, ICA Fluor Daniel y el Instituto Mexicano del Petróleo principalmente desarrollando de análisis de riesgos y evaluación de consecuencias por incendio, explosiones y dispersión de nubes tóxicas, así como diseño de sistemas de redes contra incendio para diferentes proyectos del ramo industrial y residencial-comercial.

Guía para Sistemas de Protección Pasiva Cortafuego

Jay Woodward, Paloma Pérez

Latinoamérica es una región en vías de desarrollo y el crecimiento en la industria de la construcción ha evidenciado la necesidad de contar con una visión equilibrada de sistemas de protección contra incendios adecuados, a fin de reducir consecuencias y capitalizar el costo-beneficio de un edificio.

Este libro es una guía para el diseño, instalación e inspección de sistemas de sellado cortafuego, que examina las disposiciones en la materia dentro de los diferentes códigos, normas, reglamentos y estándares de México, Chile, Perú, Colombia, Argentina, Panamá, Ecuador, Uruguay, Costa Rica y República Dominicana y el International Building Code® (IBC®).

Una visión equilibrada de los sistemas de protección contra incendios.