

PRINCIPIOS

DE LA

PROTECCIÓN PASIVA

CONTRA INCENDIOS

Volumen I - Generales y Protección
del Acero Estructural



MAX R. SCHMIDT

Max R. Schmidt, pionero en 1981 de la Protección Pasiva Contra Incendio en México, fue galardonado por la Universidad de Düsseldorf por 'haber avanzado de manera significativa la tecnología en su país'. El Presidente y CEO de Underwriters Laboratories, Inc., Sr. Tom Castino, lo invitó a participar en el UL Fire Council, comité de tan solo unas cuantas personas, para revisar y comentar códigos, normas y estándares, convirtiéndose en el primer extranjero en participar en él. Y National Fire Protection Association - NFPA - lo contrató para abrirse paso en México ¡lo cual logró en tan solo 6 meses!

¿En qué me beneficia un Sistema Pasivo Contra Incendio Certificado?

Las aseguradoras otorgan un gran valor a los Sistemas de Protección Pasiva Contra Incendio Certificados y premian su uso con descuentos a la prima del seguro. Max R. Schmidt ha diseñado decenas, quizás cientos, de sistemas pasivos acreditados para primas descontadas beneficiando al inversionista y a los usuarios de los inmuebles.

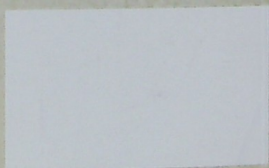
Gastar ¿para capitalizar?

Si un inversionista aplica su dinero en el desarrollo de una ingeniería de protección pasiva contra incendio certificada, invertirá su capital con una tasa de interés de retorno durante la vida útil del inmueble, en lugar de 'quemarlo' en sistemas pasivos sin certificación.

¿Quién me hace estos estudios?

El Instituto Nacional de Protección Contra el Fuego, A.C., cofundado por Max R. Schmidt, su Presidente 1996-1998 y miembro honorario del Consejo, diseña sistemas pasivos usando estándares reconocidos en todo el mundo, inspecciona su instalación y certifica su cumplimiento. Es una certificadora de terceros.

Dedicamos esta obra al progreso, el retorno autosustentable de la inversión y la salvaguarda de la vida.



PRINCIPIOS DE LA PROTECCIÓN PASIVA CONTRA INCENDIOS

Volumen I

Introducción a la protección contra incendios
Protección pasiva contra incendios
Ignifugación del acero en edificios

*Instituto Nacional de Protección
Contra el Fuego, A.C.*



© 2016 Max R. Schmidt

Este libro contiene información obtenida de fuentes auténticas y de gran reconocimiento mundial. El material reimpresso está entrecomillado y ha sido usado con permiso e indicando la fuente. Se ha hecho un esfuerzo razonable para publicar datos e información confiables, pero el autor y el editor no pueden asumir responsabilidad alguna de la efectividad de los materiales. Ni los autores, ni los editores, ni cualesquier otra persona asociada a esta publicación, tiene responsabilidad civil alguna debido a una pérdida, daño o riesgo que se alegue como causa directa o indirecta por el uso de este libro.

Ni este libro ni ninguna de sus partes puede ser reproducida o transmitida, de cualquier modo o por cualquier medio, electrónico o mecánico, lo que incluye fotocopiar, microfilm y grabación, o por cualquier otro dispositivo de almacenamiento, sin el permiso por escrito del autor.

El permiso del autor no ampara copiar para una distribución generalizada, para promoción, para crear publicaciones nuevas, o para reventa. En tal caso deberá obtenerse un permiso especial del autor. Pueden citarse fragmentos del libro para fines informativos.

Nota: Los nombres corporativos así como el de los productos pueden ser marcas registradas y son utilizados tan solo para informar, sin intención alguna de infringir la ley

Publicado en México

© 2016 Max R. Schmidt

Registro Público del Derecho de Autor México

Número de Registro: 03-2016-102810553400-01

Contacto:

+52 1 (55) 3569-0989

CDMX, México

INTRODUCCIÓN	1
Historia	3
Educación	5
Registro profesional	9
El fuego y la responsabilidad legal	11
¿Por qué esto es relevante para mí?	13
Yo coloco el pedido; no es mi responsabilidad la instalación del sistema	13
¿Qué es lo que se espera de mí?	14
PROTECCIÓN PASIVA CONTRA INCENDIOS	17
Introducción	17
Diferencia entre un sistema pasivo y uno activo	18
Enfoque de la compartimentación	19
Criterios de Prueba	20
Una solución combinada	22
Protección estructural contra el fuego	22
Principales características	23
Ejemplos	29
Regulaciones	34
Lo viejo y lo nuevo	40
Países con certificación opcional	41
PROTECCIÓN PASIVA CONTRA INCENDIOS EN EDIFICIOS	45
Prefacio	45
Alcance	46
Definiciones	46
Aspectos de la protección contra el fuego	50
Introducción	50
Métodos de Protección y Prueba contra el Fuego	52

Prueba de la Resistencia al Fuego de estructuras	57
Descripción general de las pruebas contra fuego de la norma ASTM E119 y NMX C307	59
Evaluación de los materiales para la protección ignífuga	61
Espesor del material y temperatura del acero	62
Criterio del desempeño	64
Respuesta Térmica y Factor de la Sección	64
Desempeño del acero encajonado con sistemas pasivos de ignifugación	66
CONCLUSIÓN	69
Análisis multitemperatura	¡Error! Marcador no definido.

INTRODUCCIÓN

La ingeniería contra el fuego es la aplicación de la ciencia y los principios de la ingeniería para proteger a las personas, la propiedad y el medio ambiente, de los dañinos y destructivos efectos del fuego¹ y del humo². Abarca una ingeniería de protección contra el fuego enfocado en su detección, supresión y mitigación, así como la ingeniería de la seguridad en el fuego que se dedica a estudiar la conducta humana y el mantenimiento de un entorno habitable para la evacuación por un incendio. En los Estados Unidos, la profesión de Ingeniero del Fuego, Fire Protection Engineer, a menudo se utiliza para incluir también la ingeniería de la seguridad en caso de incendio.

La disciplina de la Ingeniería del Fuego incluye pero no está limitada a:

- * Detección del fuego – sistemas de alarmas y de llamado de brigadas

¹ El Fuego es la rápida oxidación de un material en el proceso químico exotérmico de combustión, emitiendo calor, luz, y diversos productos de reacción. Los procesos de oxidación más lentos, como la corrosión o la digestión, no están incluidos en esta definición.

² La administración del humo y los gases tóxicos generados durante un incendio son importantísimos ya que ambos constituyen el principal factor de muerte en los mismos.

- * Protección activa contra el fuego – Sistemas de supresión del fuego
- * Protección pasiva contra incendios – Barreras contra el humo y el fuego, separación de espacios
- * Control y administración del humo
- * Rutas de evacuación – salidas de emergencia, elevadores en el caso de fuego, etc.
- * Diseño del inmueble, distribución y planeación de los espacios
- * Programas para la prevención del fuego
- * Dinámica y modelos del fuego
- * Comportamiento humano durante los incendios
- * Análisis del riesgo, incluyendo factores económicos
- * Administración de incendios forestales

Los Ingenieros del Fuego identifican riesgos y diseñan salvaguardas que auxilian en la prevención, control y mitigación de los efectos del fuego. Los Ingenieros del Fuego asisten a los arquitectos, dueños de los inmuebles y desarrolladores a evaluar la seguridad de la vida en los edificios y los objetivos de la protección a la propiedad. Los Ingenieros del Fuego también son contratados como

INTRODUCCIÓN

investigadores lo que incluye casos de gran escala como el análisis del colapso de las Torres Gemelas del World Trade Center de Nueva York. La NASA utiliza a ingenieros de protección contra el fuego en sus programas espaciales para ayudar en la mejora de la seguridad. Los Ingenieros del Fuego también son contratados para brindar revisiones de terceros del desempeño basado en soluciones de la ingeniería aportadas para el apoyo del cumplimiento local de los Códigos de Construcción y regulaciones aplicables del mismo.

Historia

La Ingeniería del Fuego ve sus inicios allá en la antigua Roma, cuando el emperador Nerón, después del catastrófico incendio que destruyó su ciudad, ordenó que fuera reconstruida utilizando métodos de Protección Pasiva contra incendios, tales como la separación de espacios y el uso de materiales no-combustibles. La disciplina de la Ingeniería del Fuego emergió a principios del siglo XX como una rama distintiva y separada de la Ingeniería civil, mecánica y química en respuesta a los problemas nuevos de incendios presentados por la Revolución Industrial. Los Ingenieros del Fuego de esta era se avocaron a desarrollar métodos de protección para grandes fábricas, particularmente de los molinos y otras facilidades manufactureras. Otra motivación para organizar esta disciplina, definir prácticas y llevar a cabo investigaciones para

el apoyo de las innovaciones que funcionaran fue como resultado de las grandes conflagraciones catastróficas e incendios urbanos masivos que arrasaron ciudades importantes durante la última parte del siglo XIX. La industria de los seguros también coadyuvó a promover avances en la profesión de la ingeniería contra el fuego y el desarrollo de sistemas para su protección y equipamientos.

En 1903 el primer programa con valor a un grado universitario fue iniciado en el Armour Institute of Technology, posteriormente convirtiéndose en el Illinois Institute of Technology.

Al avanzar el siglo XX, varios incendios catastróficos provocaron en los Estados Unidos cambios en los Códigos de la Construcción para proteger mejor a las personas y a la propiedad contra el fuego. No fue sino hasta finales del siglo XX que la Ingeniería de la protección contra el fuego emergió como una profesión única en su rama de ingeniería. La razón principal para este surgimiento fue el desarrollo de una Base de Conocimientos específica a la profesión que sucedió después de 1950. Otros factores que contribuyeron al desarrollo y crecimiento de la profesión incluye el inicio del Institution of Fire Engineers en 1918 en el Reino Unido y la Society of Fire Protection Engineers en 1950 en los Estados Unidos, el surgimiento de

ingenieros consultores de la protección contra el fuego y la promulgación de Estándares de la Ingeniería para la protección contra el fuego.

Educación

Los Ingenieros del Fuego, al igual que sus contrapartes en otras disciplinas de la ingeniería y la ciencia, cursan un programa formal de educación y continúan con su desarrollo profesional para adquirir y mantener su competencia. Esta educación incluye estudios fundamentales de las matemáticas, física, química y de redacción técnica. Los estudios profesionales enfocan a los estudiantes en adquirir proficiencia en la ciencia de los materiales, estática, dinámica, termodinámica, dinámica de fluidos, transferencia del calor, ingeniería económica, ética, sistemas en la ingeniería, confiabilidad y psicología del entorno. Estudios de la combustión, determinación estadística del riesgo o administración del riesgo, el diseño de sistemas de supresión del fuego, la aplicación e interpretación de códigos de la construcción modelo y la medición y simulacro de fenómenos del fuego, completan la currículo del estudiante.

Nueva Zelanda fue uno de los primeros países del mundo en introducir métodos de evaluación basados en el Desempeño en sus códigos de construcción relativos a la seguridad contra el fuego. Esto sucedió con la introducción de su Acta de la Construcción en 1991. En 1995 el Profesor

Andy Buchanan, de la Universidad de Canterbury en Nueva Zelanda, estableció el primer postgrado en Ingeniería de la Seguridad del fuego, el único disponible en su tiempo. Los aspirantes al estudio de este posgrado requieren como mínimo una licenciatura en ingeniería o en una lista limitada de estudios en las ciencias. Algunos alumnos notables de la Universidad de Canterbury incluye, pero no está limitada a Sir Ernst Rutherford, Robert (Bob) Park, Roy Kerr, Michael P. Collins, Hohm Briteen y muchos otros más. También está reconocida la maestría en ingeniería del fuego en la Universidad de Canterbury en el Reino Unido.

En los Estados Unidos, la University of Maryland, UMD, ofrece el único grado B.S. acreditado en Ingeniería de Protección Contra el Fuego, así como posgrados y un programa de enseñanza a distancia de Ingeniería Mecánica. Worcester Polytechnic Institute, WPI ofrece M.S y PhD en Ingeniería de Protección contra el Fuego así como un grado en línea en esta disciplina, M.S. y Certificado de Graduación. Hacia el 2011, Cal Poly ofrece un M.S. en Ingeniería de Protección contra el Fuego y Certificado de Posgrado. Oklahoma State University ofrece un B.S. acreditado por ABET en Protección Contra el Fuego y Seguridad, e Ingeniería de la Tecnología de la Seguridad. Establecido en 1937, Eastern Kentucky University también ofrece un B.S. reconocido por ABET en

INTRODUCCIÓN

Tecnología de la Protección y la Seguridad contra el Fuego. Case School of Engineering en Case Western Reserve University ofrece el grado de maestría en Ciencia e Ingeniería del Fuego y University of Cincinnati ofrece un grado asociado en Ciencia del Fuego y una licenciatura en Tecnología de la Ingeniería del Fuego y la Seguridad en línea como opción, y es la única Universidad en los Estados Unidos y Canadá en tener esta distinción. Otras instituciones, como. University of New Haven, University of Kansas, Illinois Institute of Technology, University of California, Berkeley, Eastern Kentucky University y University of Texas en Austin han ofrecido cursos de la Ingeniería del Fuego o su tecnología.

En Europa, University of Edinburgh ofrece un grado en Ingeniería del Fuego y tuvo a su primer grupo de investigación en los 70's. Estas actividades ahora son llevadas a cabo en el nuevo BRE Centre for Fire Safety Engineering. La University of Leeds de forma única ofrece un reconocimiento MSc en Ingeniería del Fuego y las Explosiones. Otras universidades europeas activas en la ingeniería del fuego son Luleå Tekniska Universitet, Lund University, Stord/Haugesund University College, University of Central Lancashire, University of Manchester, University of Ulster, University of Sheffield, University of Greenwich, London South Bank University, University of Wales, Newport,

Letterkenny Institute of Technology en Irlanda and Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg and Bergische Universität Wuppertal en Alemania, Vilnius Gediminas Technikal University en Lituania. La University of Ulster introdujo sus primeros programas de seguridad en 1975, seguido del primer grado MSc en Ingeniería de la Seguridad en el Fuego en el Reino Unido introducido en 1990. En el 2004 el Institute for Fire Safety Engineering and Technology de la University of Ulster FireSERT usaron su laboratorio de ingeniería para la protección contra el fuego el cual fue financiado con un otorgamiento de un premio de 6 millones de libras esterlinas. Estas nuevas instalaciones están a la punta en la ingeniería de la seguridad contra el fuego e incluye un horno para pruebas a gran escala y un calorímetro de 10 megawatts.

En Australia, Victoria University en Melbourne ofrece cursos de posgrado en Ingeniería de la Seguridad contra el fuego de los edificios y la Ingeniería de Riesgo, CESARE es una unidad de investigación dependiente de Victoria University y tiene la infraestructura para realizar investigaciones y pruebas del comportamiento del fuego.

La práctica de los sistemas de rociadores contra el fuego y los cálculos hidráulicos son más bien realizados por técnicos de diseño que a menudo son educados en empresas contratistas a través de EUA,

con el objetivo de preparar diseñadores para su certificación por asociaciones de prueba, tal como NICET, National Institute for Certification in Engineering Technologies. La certificación de NICET a menudo es usada como prueba de la competencia para asegurarse una licencia para diseñar e instalar Sistemas de Protección Contra el Fuego.

Registro profesional

Los Ingenieros del Fuego calificados y experimentados pueden calificar al registro como un Ingeniero Profesional. El reconocimiento de la Ingeniería del Fuego como una disciplina separada varía de estado a estado en los Estados Unidos. NCEES³ reconoce a la Ingeniería del Fuego como una disciplina aparte y ofrece un examen de Ingenieros de la Protección. Este examen fue actualizado por última vez en octubre del 2012 e incluye a grandes rasgos los siguientes temas (el porcentaje señala la ponderación del tema):

- * Análisis de la Protección contra el Fuego (20%)

³ NCEES es una organización sin fines de lucro dedicada al avance de licenciaturas profesionales para ingenieros y topógrafos. Desarrolla, administra y califica los exámenes utilizados por los ingenieros y topógrafos para sus licenciaturas en EUA.

- * Administración de la protección contra el fuego (5%)
- * Dinámica del fuego (12.5%)
- * Sistemas activos y pasivos (50%)
- * Evacuación y movimiento de los ocupantes (12.5%)

Son pocos los países fuera de los Estados Unidos que regulan la práctica profesional de la ingeniería de la protección contra el fuego como una disciplina y pueden restringir el uso del título ingeniero en asociación con su práctica.

Los títulos Fire Engineer y Fire Safety Engineer tienden a ser utilizados fuera de los Estados Unidos, especialmente en el Reino Unido y los países que pertenecen a la Commonwealth influenciados por el servicio al fuego Británico. El Institution of Fire

Engineers⁴ es una organización internacional que califica muchos aspectos de la capacitación y calificación a los ingenieros del fuego.

El fuego y la responsabilidad legal

El año 2008 arrojó el mayor número de pérdidas por el fuego en tiempos de paz en Gran Bretaña, un 16% mayor que el año anterior, para alcanzar un cifra récord de 1.3 miles de millones de libras esterlinas en pérdidas. Es por esto que todos debemos contribuir con nuestra parte en todo el mundo.

⁴ IFE fue establecido en 1918 y mantiene estándares profesionales dentro de todos los sectores públicos y privados del fuego mediante la oferta de la evaluación del conocimiento, experiencia y desarrollo, y se involucra con grandes corporaciones para ofrecer conferencias internacionales, identificando y promoviendo la buena práctica y mejorar las redes técnicas mundialmente. Sus miembros están involucrados en un gran número de áreas tales como dinámica del fuego incluyendo ignición, química y toxicología; consultas con el gobierno para crear los borradores y su implementación con la legislación de la seguridad contra el fuego y sus regulaciones; protección estructural contra el fuego en edificios; el seguro contra el fuego y la investigación de los incendios deliberados; conducta de las personas ante una emergencia; sistemas de detección y alarma del fuego, aparatos para la extinción del fuego manual o con sistemas automáticos de supresión del incendio; los grupos de interés de Especialidad incluyen modelaje del Fuego, edificios históricos, transporte e investigación y desarrollo en el fuego.

La misión de la Institución es promover y mejorar la ciencia y práctica de la extinción del fuego, prevención del fuego, ingeniería del fuego y todas las actividades y expedientes relacionados con el mismo, y brindar un impulso a ideas que pudieran resultar útiles en conexión a o en relación a dicha ciencia y práctica a los miembros de la Institución y a la comunidad en general.

México no ha sido la excepción y carga con cicatrices de dolorosos siniestros, entre otros:

- * BLEVES (explosiones catastróficas) en 1983 de las esferas de almacenamiento de Gas LP de PEMEX en San Juan Ixhuatepec 'San Juanico', Estado de México; entre 500-600 fallecidos y 2,000 heridos.
- * Incendio en una planta de PEMEX en septiembre de 2012 en Tamaulipas deja 26 muertos.
- * Explosión de ducto en Puebla de PEMEX en diciembre de 2010 provoca 29 personas muertas, 53 lesionados y daños en al menos 80 viviendas en un radio de tres kilómetros a la redonda.
- * Incendio en la clínica ABC en Hermosillo, Sonora; dejando 49 niños y niñas fallecidos y 75 heridos de gravedad.
- * Incendio en la discoteca Lohobombo deja 20 fallecidos y 39 heridos.
- * La serie de explosiones en el colector oriente de la ciudad de Guadalajara, donde había residuos de hidrocarburo, ocurrieron la mañana del 22 de abril de 1992 y arrasaron con 14 kilómetros de calle y fincas aledañas. Los daños alcanzaron 126 manzanas causando la muerte de más de 200 personas y lesiones

INTRODUCCIÓN

a más de 1,000, según los datos oficiales.

¿Por qué esto es relevante para mí?

Si usted está involucrado en proveer un paquete de protección contra el fuego, a cualquier nivel, entonces usted comparte la responsabilidad legal de su efectividad y operación cuando sea necesario durante un incendio, y la responsabilidad persistirá aún en un caso legal.

Yo coloco el pedido; no es mi responsabilidad la instalación del sistema

Si su responsabilidad consiste en especificar los materiales y/o elegir al instalador de los mismos, también es su responsabilidad asegurar que puedan probar su efectividad como materiales de protección contra el fuego utilizados o los trabajos requeridos para su correcta instalación. No es tan solo el cumplimiento al trabajo - existe una responsabilidad legal.

Si aun sabiéndolo se ignoran las recomendaciones que conduzcan a la falla del desempeño de cualquier elemento de la protección contra fuego instalada en un inmueble, entonces a usted se la hallará tan culpable como al instalador que haya hecho mal su trabajo.

Usted comparte la responsabilidad civil para el aporte de información requerida en las regulaciones de la construcción local que indican a los usuarios

de un inmueble sobre las medidas de prevención contra el fuego con las que cuenta el inmueble. Si no se hace así, el usuario no podrá hacer una evaluación del riesgo de acuerdo a las indicaciones del Código de la Construcción.

¿Qué es lo que se espera de mí?

En el caso de un incendio, y sobre todo si hay decesos, la justicia va a querer saber cómo fue que se eligieron cada uno de los sistemas de protección contra el fuego, el criterio para la selección del aplicador, si se dio el tiempo adecuado para la instalación del sistema y si la comunicación entre las partes favoreció su instalación correcta. No hay peros ni pretextos; todo está especificado en las regulaciones y códigos de Construcción, Diseño y Administración del inmueble.

Las regulaciones de responsabilidad civil y el cumplimiento a la Ley, Código, Norma, etc. se enfocan en el manejo del riesgo, así como la salud y la seguridad de todos los instaladores, los que usen el inmueble, aquellos que le dan mantenimiento y los que lo llegaran a demoler – desde la cuna hasta la tumba hay responsabilidad civil en el caso de un incendio y muertos.

Hoy,

**es el momento para considerar la
Ingeniería pasiva de protección
contra incendios...**

...no después.

PROTECCIÓN PASIVA CONTRA INCENDIOS

Introducción

La Protección Pasiva contra Incendios es la medida primaria integrada a los elementos de construcción de un inmueble para brindar una seguridad y protección contra el fuego inherente, respondiendo contra las llamas, el calor y el humo para mantener los requerimientos fundamentales de la compartimentación de los espacios del inmueble, su estabilidad estructural, la separación del fuego y una ruta de evacuación segura.

Las medidas de la PPCI alcanzan su propósito de diseño incrementando la resistencia estructural de la estructura del inmueble, protegiendo a la estructura contra los efectos del fuego, reduciendo la propagación del fuego a través de igniciones secundarias, limitando el movimiento de las flamas y el humo y minimizando el peligro de un colapso inducido por el fuego o una falla de distorsión estructural.

El diseño de la PPCI, incorporando materiales para la protección contra el fuego, sistemas y ensambles, permite la contención del fuego para proteger la vida, salvaguardar la estructura del inmueble,

preservar la operación del inmueble, minimizar los costos de reacondicionamiento y facilitar una rápida recuperación y continuidad del negocio.

Los sistemas pasivos de protección contra incendios deben cumplir con el listado y uso aprobado de la autoridad competente para poder asegurar que brindan la efectividad requerida en los códigos aplicables de la construcción.

Diferencia entre un sistema pasivo y uno activo

Los sistemas pasivos de protección contra incendios están incluidos como parte misma de la estructura del edificio con muros pisos y puertas resistentes al fuego. Cada espacio tiene una variedad de soluciones amalgamadas a requisitos diversos de la construcción. Por ejemplo, un muro resistente al fuego puede ser construido usando paneles de cemento reforzado con láminas metálicas adheridas a cada lado, o con el lanzado de un ignifugante cementicio.

Los productos y sistemas pasivos se denominan así porque se considera que siempre están *"encendidos listos para actuar"* y no requieren de tipo alguno de activación para cumplir su cometido. En contraste, la protección activa contra el fuego usa aditamentos y equipos que necesitan algún tipo de respuesta y/o movimiento para poder funcionar. Una diferencia adicional es que los sistemas activos de protección

contra el fuego son agregados después de la construcción, a diferencia de los pasivos que forman una parte integral del inmueble.

Los sistemas activos de protección contra el fuego pueden ser divididos en dos grandes áreas:

1. Detectores del fuego
2. Supresores del fuego

Los detectores del fuego sirven para identificar donde está sucediendo un incendio, localizando el calor, el humo o las flamas, antes de accionar una alerta del incendio a través de una alarma audible y a menudo avisando también al Servicio de Bomberos.

Los supresores del fuego juegan un papel activo tratando de extinguirlo o, por lo menos, controlarlo. Como ejemplo tenemos los sistemas automáticos de rociado de agua y los extinguidores.

Enfoque de la compartimentación

A diferencia de los sistemas Activos de Protección Contra el Fuego, los sistemas de PPCI nunca buscan apagar el incendio. En lugar de esto su rol es el de contener el incendio a su punto de origen y prevenir que las flamas y el humo se propaguen a través del inmueble. Esto es logrado a través de la compartimentación, donde cada cuarto o sección del inmueble es, de manera efectiva, una unidad sellada mediante el uso de las barreras pasivas contra

incendios. De este modo, en muchas instancias, el incendio se auto consumirá dentro del perímetro de la compartimentación sin propagarse a otras áreas del inmueble, salvaguardando así la vida de sus ocupantes.

Aún en el caso de que hubiera propagación del fuego, los sistemas de Protección Pasiva optimizarán considerablemente la probabilidad de que aquellos que están presenciando el incendio lo puedan abandonar manteniendo al incendio controlado durante un período de tiempo conocido. Además, sirven para proteger la integridad estructural del inmueble reduciendo la posibilidad de un colapso. Esto brinda a los servicios de extinción de incendios un ambiente más seguro para evacuar a las personas además de extinguir las llamas. Los sistemas de PPCI no solo sirven para salvar vidas, sino que también limitan el daño a la propiedad, reduciendo así el costo de la reparación por los daños del fuego.

Criterios de Prueba

Los productos de PPCI se especifican para un intervalo preestablecido de tiempo durante el cual deben desempeñarse con su rol de protección. El intervalo de tiempo especificado puede variar de sistema a sistema, dependiendo de dónde se planeé utilizarlos; inmuebles con una gran carga de

materiales combustibles como los centros comerciales requieren de hasta 240 minutos de Protección Pasiva. Antes de que un producto reciba una acreditación de cumplimiento a prueba, debe pasar satisfactoriamente pruebas rigurosas bajo condiciones extremas de fuego, donde se miden tres criterios:

- Estabilidad: Los sistemas pasivos deben preservar la capacidad de carga de la estructura durante el período de tiempo de resistencia requerido
- Integridad: Los sistemas deben prevenir la propagación del fuego, el humo y los gases tóxicos durante el período de tiempo requerido
- Aislamiento: La temperatura del lado expuesto del sistema no debe incrementarse por arriba del límite de temperatura pre-establecido durante el intervalo de tiempo requerido de Protección Pasiva

Algunos sistemas pasivos contra incendios tienen además requisitos adicionales a estos tres criterios. Por ejemplo, los sistemas usados en edificios de multi-niveles a menudo tienen que ser ligeros para no sobrecargar la estructura. En donde se manejen materiales explosivos o combustibles en un edificio, el sistema pasivo de protección no solo deberá ser resistente al fuego sino que además deberá ser resistente a las explosiones y brindar un desempeño

más allá de la especificación estándar del sistema de PPCI.

Una solución combinada

No se debe pasar por alto la importancia de los sistemas pasivos contra incendios, y no deberán ser vistos como una alternativa a los sistemas activos. Brindar una protección efectiva contra el fuego requiere tanto de los sistemas pasivos como los activos contra el fuego, trabajando al unísono, complementando los roles de uno y otro. A través del uso combinado de estos sistemas, los ocupantes del inmueble tienen una mayor oportunidad para evacuar el inmueble de manera segura, además de minimizar el daño a la propiedad.

Protección estructural contra el fuego

La protección contra el fuego en un inmueble, plataforma marina o un buque es un sistema que incluye:

- Protección Activa Contra el Fuego, que puede incluir la detección manual o automática del incendio y su supresión.
- Protección Pasiva Contra incendios, que incluye la compartimentación de los espacios en todo el inmueble con el uso de muros y pisos clasificados. La distribución del área del piso en espacios pequeños

compartimientos contra incendios, consistentes en uno o más cuartos o niveles, previene o retarda el avance del fuego de su lugar de origen a otros espacios del inmueble, limitando el daño al mismo y brindándole tiempo a los usuarios para su evacuación en una emergencia o, en su defecto, alcanzar una área segura de refugio.

- La prevención contra el fuego incluye minimizar posibles fuentes de ignición así como la educación de los ocupantes así como a los operadores del inmueble, buque o estructura involucrados en la operación y el mantenimiento de los Sistemas Contra el Fuego para verificar su funcionamiento óptimo así como verificar los procedimientos de emergencia, lo que incluye también la notificación al servicio de control y supresión del fuego así como de la evacuación de emergencia.

Principales características

El objetivo de la Protección Pasiva contra incendios es demostrado en pruebas contra el fuego donde se determina su habilidad para mantener al objeto o uno de sus lados a ser protegidos a 140°C o una temperatura menor en muros, pisos y circuitos eléctricos que deban contar con una calificación de resistencia al fuego; o bien circa 550°C, temperatura considerada como crítica para el acero estructural,

arriba de la cual su efectividad de soportar carga queda comprometida por la pérdida de su resistencia con el eventual colapso del inmueble. Esto está fundamentado, en casi todos los países, en los estándares de prueba básicos de Protección Pasiva contra el fuego, como los estándares europeos BS 476: Part 22: 1987, BS EN 1364-1: 1999 & BS EN 1364-2: 1999, ASTM E119 en los Estados Unidos y NMX C307 INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-EDIFICACIONES-RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS Y COMPONENTES-ESPECIFICACIONES Y METODOS DE ENSAYO. en México. Componentes más pequeños, como las ventilas de fuego de los ductos, puertas contra fuego, etc. se prueban de manera similar para garantizar el desempeño de los sistemas en presencia del fuego en condiciones realistas.

Para alcanzar los objetivos de la protección, se utilizan muchos tipos de materiales en el diseño y construcción de los sistemas. Por ejemplo, materiales endotérmicos comunes incluyen el silicato de calcio en forma de panel, tabla roca de yeso o cemento. Durante el desarrollo de la prueba contra el fuego de ensambles de piso, se puede percibir el agua evaporándose del concreto. La tabla roca pierde toda su integridad durante un incendio. El uso de materiales endotérmicos ha probado y demostrado ser una buena práctica de la ingeniería

de la Protección Pasiva. El agua atrapada químicamente en el material se sublima. Durante este proceso, el lado no expuesto no puede exceder la temperatura de ebullición del agua. Una vez que los hidratos han sido consumidos, la temperatura del lado expuesto de la barrera contra fuego tiende a incrementarse muy rápidamente. Sin embargo demasiada agua puede ser un problema. Las losas de concreto muy húmedas estallarán durante el incendio, razón por la cual los laboratorios de pruebas contra el fuego insisten en medir el contenido de agua del concreto y el mortero en las probetas de prueba contra el fuego. Las medidas de la PPCI pueden incluir materiales intumescentes o ablativos. Sin embargo, el punto es que cualquiera que sea la naturaleza de los materiales, por sí mismos, solos, no cuentan con una clasificación. Deben estar organizados en sistemas, los cuales cuentan con una clasificación siempre y cuando sean instalados de acuerdo a los listados de certificaciones y catálogos pre-establecidos, tal como DIN 4102 Parte 4 en Alemania, el Fire Resistance Directory editado anualmente por Underwriters Laboratories, o el Código de Construcción aplicable.

Las medidas de la PPCI tienen la intención de contener al fuego en su punto de origen, por tanto, limitando la propagación de las flamas y el humo por un intervalo de tiempo predeterminado, generalmente como lo señala el reglamento de

construcción local y el reglamento de incendios. Los sistemas de Protección Pasiva como los sellos corta-fuego y muros y puertas contra el fuego son probados para determinar la clasificación de resistencia al fuego del ensamble final, usualmente expresado en minutos de resistencia pasiva al fuego de acuerdo a la curva tiempo/temperatura de exposición al fuego que marcan las normas de prueba, usualmente 60, 90, 120, 180 y 240 minutos de resistencia. El listado de las certificaciones permite determinar las limitaciones de ensamble probado y clasificado para así poder elegir el Sistema Pasivo adecuado a las necesidades particulares de proyecto.

A diferencia de la Protección Activa contra el Fuego, la Protección Pasiva contra incendios no requiere de una activación eléctrica, electrónica o de algún grado de movimiento para actuar. Las excepciones a esta regla son las ventilas mitigadoras del fuego en los ductos de HVAC (dámperes), envolturas pasivas resistentes al fuego en ductos exceptuando los que manejan grasa, y los cerradores automáticos de puertas que deben moverse, abrir y cerrar para operar, así como todos los productos intumescentes que se hinchan por la acción del calor; por lo tanto, se activan para poder funcionar. Como su nombre lo indica, la PPCI permanece inactiva hasta que sucede el incendio.

Existen dos tipos de Protección Pasiva lanzada:

1. Pinturas intumescentes.
2. Materiales lanzados:
 - a. Mezcla húmeda - Cementosos lanzados de vermiculita o perlita.
 - b. Mezcla seca - Lana mineral lanzada.

En la protección contra fuego del 2º tipo, el acero del edificio es ignifugado con productos a base de vermiculita, perlita o lana mineral, y se aplican a espesores muy altos, por lo menos de 10 mm de espesor. Sin embargo esta es la opción más económica cuando se le compara con la pintura intumescente, que a un espesor de acuerdo a prueba de por lo menos 2.0 mm (80 mils) para 180 minutos de resistencia pasiva contra incendios, pero su aspecto es crudo y no es agradable a la vista. Más aún, si el medio ambiente es corrosivo la opción 2 no es muy recomendable ya que existe la posibilidad de que el agua se filtre dentro del sistema, debido a la naturaleza porosa de estos materiales que además hacen difícil monitorear la corrosión.

La ignifugación intumescente del acero consiste en una capa de pintura intumescente aplicada como una parte del sistema de recubrimiento anticorrosivo del acero. El espesor de la capa de intumescente depende de la masividad de la sección de acero utilizada. Para el cálculo del espesor de la película seca de intumescente se calcula la

masividad del perfil usando el factor H_p/A donde H_p es Heated perimeter, o sea el perímetro expuesto a la flama del perfil a proteger, dividido entre A , el área del corte de la sección del perfil. A este factor se le denomina "factor de la sección" y se expresa como m^{-1} . También se usa el factor equivalente, M/D , sobre todo en EUA donde el factor de la sección se expresa como la relación de la masa M del perfil estructural en kg/ml y el diámetro D . El recubrimiento intumescente para la ignifugación de las estructuras es la capa intermedia del sistema de recubrimiento anticorrosivo⁵; usualmente en el rango de 350 hasta más de 2,000 micrones (13 a 80 milésimas) de espesor para brindar una clasificación de resistencia al fuego aprobada de 30 hasta un máximo de 180 minutos al espesor máximo. Brindan un acabado agradable, son anticorrosivos por su naturaleza y son preferidos en base a su estética y desempeño.

Se debe hacer notar que en la eventualidad de un incendio, una vez que el acero alcance su temperatura crítica de alrededor de $550^{\circ}C$ el edificio

⁵ Típicamente se requiere del siguiente orden de ejecución: 1. Preparación de superficie 2. Aplicación del primario anticorrosivo compatible con el intumescente, 3. Aplicación del intumescente en tantas capas como sea necesario para alcanzar el espesor indicado en su clasificación de resistencia al fuego, y 4. Aplicación de un acabado compatible con el intumescente para su protección, en el color que se elija.

eventualmente se colapsará. El Sistema Pasivo contra Incendios solo retardará este evento, creando una capa aislante entre el acero y el incendio. Dependiendo del requerimiento, el Sistema Pasivo puede ofrecer tiempos de resistencia de hasta 240 minutos de resistencia. Los Sistemas Pasivos contra incendios son altamente recomendados en proyectos de infraestructura ya que salvan vidas y protegen la propiedad.

La Protección Pasiva puede ser descrita como un grupo de sistemas dentro de sistemas. Un sello cortafuego, por ejemplo, es un sistema pasivo que por su desempeño satisfactorio durante las pruebas, ha quedado publicado en un listado de certificaciones de sistemas de sellos corta fuego; este sello forma parte del muro o piso con una clasificación de resistencia al fuego, y este muro o piso forma parte de un compartimiento que forma parte de integral del plan de seguridad global del inmueble. El inmueble en sí, como un todo, también puede ser visto como un sistema.

Ejemplos

- * **Cajones** – Cajas o envoltorios hechos con materiales ignífugos para proteger válvulas especiales u otros elementos que por su uso requieren de una Protección Pasiva. Los cajones también se usan con mucha efectividad para la preservación de la integridad de los circuitos en

charolas de cables, por ejemplo, para preservar la integridad del circuito durante un incendio, además de mitigar la combustión de la camisa aislante que libera gases tóxicos.

- * **Cierre de ductos (dámperes)** Algunas veces, los sellos corta-fuego en los códigos de construcción son tratados del mismo modo que los cierres de ductos. Canadá disminuye las clasificaciones de los cierres, donde, por ejemplo un cierre de dos horas es aceptable para ser utilizado en una separación con una clasificación de 3 horas, siempre y cuando la separación de fuego no sea una separación de los ocupantes o un muro resistente al fuego. La clasificación disminuida es referida como una "clasificación protectora del fuego", ambas para sellos corta-fuego, a menos que contengan tuberías de plástico o cierres normales.
- * **Ductos para la grasa** - Son los ductos que guían el humo de estufas comerciales, freidoras y hornos de doble nivel con transporte de elaboración de pizzas hacia los ventiladores de los ductos de grasa. En los Estados Unidos y Canadá, los ductos para la grasa son fabricados con lámina de

calibre mínimo de 16, todos soldados, y aperturas certificadas para limpieza, donde el ducto es o inherentemente fabricado para brindar una resistencia clasificada de fuego, o es de lámina de calibre 16 para formar el ducto con una capa exterior de ignifugante fabricado para este fin y certificado. Los ductos que manejan la grasa deben cumplir con la norma NFPA⁶ 96 en los Estados Unidos.

- * **Ignifugación con placas** – Se pueden usar placas con la misma intención y en las mismas aplicaciones de la ignifugación lanzada. Las placas son variadas; pueden ser de perlita, vermiculita, silicato de calcio, yeso, o un recubrimiento epóxico intumesciente. El Dura Steel, por ejemplo, consiste en un panel formado con un relleno de fibra celulósica sujetado entre

⁶ Fundada en 1896, la NFPA es una organización sin fines de lucro dedicada a la prevención de muertos y heridos así como la pérdida de la propiedad y su afectación a la economía por los incendios, el uso de la electricidad y otros peligros relacionados. NFPA brinda información y conocimientos a través de más de 300 códigos elaborados por consenso y estándares, investigación, capacitación, educación, alcance y vocación; y asociándose con otros que comparten el interés de avanzar en la misión de la NFPA. Todos los códigos y estándares de la NFPA pueden ser vistos en línea de manera gratuita.
NFPA totaliza al 2015 más de 600,000 mil miembros en todo el mundo.

dos placas perforadas de acero inoxidable.

- * **Ignifugación lanzada** – Aplicación de pinturas intumescentes o endotérmicas, o yesos de fibra de lana mineral o cementicio para mantener a los substratos tales como el acero estructural, servicios eléctricos o mecánicos, válvulas, tanques y esferas contenedoras de gas licuado LP, faldones de tanques, mamparas o entrepisos, por debajo de los 140°C para instalaciones eléctricas o circa 500°C para elementos de acero estructural para preservar la operatividad del objeto protegido.
- * **Muro corta-fuego** – No solo tienen una clasificación, sino que además son diseñados para subdividir el inmueble de tal forma que si se colapsa de un lado no se afectará el otro lado. En casos, y muy especiales, pueden ser utilizados para eliminar la necesidad del uso de rociadores automáticos de extinción.
- * **Muros resistentes al fuego**

- * **Pisos clasificados con resistencia al fuego⁷**
- * **Recubrimiento para cables** - La aplicación de retardantes del fuego, bien sean endotérmicos o intumescentes, para mitigar la propagación de la flama y la producción de humo por la combustión del aislamiento del cable.
- * **Sellos corta fuego** - Evitan el paso de flama, calor y humo a través de pisos o muros clasificados con una resistencia al fuego.
- * **Separación de la ocupantes** - Las barreras clasificadas como separaciones de los ocupantes tienen el propósito de segregar partes de los inmuebles, donde usuarios de tipo distinto están localizados, por

⁷ Los pisos clasificados con una resistencia pasiva contra incendios, a menudo no considerados a proteger en Latinoamérica, ya que, por regla, son los ingenieros civiles los que deciden que la prioridad fundamental del Sistema Pasivo de Protección Contra Incendios es la integridad estructural del edificio, siendo que esto no es así; la primera, fundamental y más importante, es la preservación de la vida humana. Un piso clasificado con una resistencia conocida de protección pasiva contra incendio, también conocido como 'losacero' no permitirá un incremento mayor a 140°C en la cara no expuesta del incendio. Esto permite sellar el siguiente nivel al del incendio evitando así, en primer lugar, la propagación del humo y gases tóxicos, que son, en primera instancia, los que provocan las pérdidas de vidas humanas, y en segundo lugar, permite contener la propagación de las flamas, el calor al piso donde está sucediendo el incendio y por ende, pausa la rápida combustión del inmueble. Es por esta razón que los pisos clasificados sean tan importantes a la hora de concebir el Sistema Pasivo de Protección contra Incendios.

ejemplo, departamentos de habitación de un lado y un centro comercial del otro lado de la separación de los ocupantes.

- * **Vidrio resistente al fuego** – El vidrio, con la tecnología de un sistema multicapas intumescente o una malla de vidrio integrada, pueden ser usado en la fabricación de ventanas clasificadas en muros o en puertas.

Regulaciones

La meta más importante de la PPCI es idéntica a la de toda la protección contra el fuego: la seguridad de la vida. Esto se logra primariamente manteniendo la integridad estructural durante un incendio y limitando la propagación del fuego y sus efectos como el calor y el humo. La protección de la propiedad y la continuidad de las operaciones son a menudo objetivos secundarios de los códigos. Las excepción a esta regla son las aplicaciones de plantas y buques nucleares, ya que la evacuación puede ser más compleja, si no que imposible. Aquí es vital que el reactor no llegue a un derretimiento nuclear; en estos casos, restablecer al reactor puede ser mucho más crítico que la evacuación de personal clave para evitarlo.

Ejemplos de pruebas pasivas de resistencia al fuego en diversos países para alcanzar un listado de certificación:

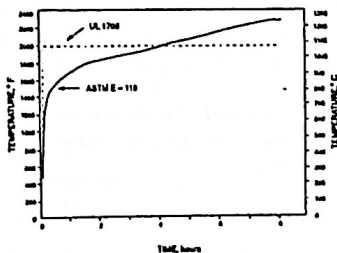
- * Alemania: DIN 4102 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen.
- * Canadá: ULC-S101 Standard Method of Fire Endurance Tests of Building Construction and Materials.
- * Estados Unidos: ASTM E119 Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials.
- * Europa: BS EN 1364 Fire resistance tests for non-loadbearing elements. Walls.
- * Holanda: NEN 6068 Bepaling van de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag tussen ruimten.
- * México: NMX-C-307-1-ONNCCE-2016 Industria de la construcción - edificaciones - resistencia al fuego de elementos y componentes - especificaciones y métodos de ensayo- parte 1 elementos estructurales (cancelará a la NMX-C-307/1-ONNCCE-2009).
- * Reino Unido: BS 476 Fire Tests.

Cada uno de estos procedimientos de prueba tiene regímenes de resistencia al fuego similares, así como limitaciones en la transferencia del calor. Las diferencias incluyen las pruebas del chorro de agua, que son únicas para Canadá y los Estados Unidos, mientras que en Alemania se incluye un muy riguroso protocolo de prueba de impacto durante la prueba de fuego de los muros contra el fuego. Alemania es única al incluir la expansión inducida por el calor y el colapso de charolas de cables metálicas en los sellos corta-fuego, lo que resulta en el favorecimiento de los sellos corta-fuego a base de mortero, que tienden a sujetar la charola penetrante de cables en su lugar, mientras que los "*sellos blandos*", hechos típicamente de lana mineral y cubiertas elastoméricas, han probado ser, en las pruebas del Otto Graf Institute, frágiles, llegando a romperse y fallar cuando la charola de cables metálica se expande, oprime, y luego se colapsa. Se han hecho adaptaciones de estas pruebas básicas para evaluar cajones envoltorios, sellos corta-fuego y otras aplicaciones. La operación del horno de prueba, colocación de los termocoples y el reporte de los requisitos se mantiene uniforme en cada uno de estos países.

En usos exteriores, sobre todo en la exposición a incendios en la industria del petróleo y sus derivados, donde además los medios ambientes marinos son muy corrosivos como en las

plataformas marinas, las normas de prueba de resistencia al fuego usan incrementos de temperatura más rápidos y con un mayor grado de calor ya que los incendios de hidrocarburos son de muy alta intensidad cuando se les compara con los que suceden en oficinas y usos residenciales, donde la experiencia ha demostrado que son como quemar madera, por ende, se les denomina celulósicos. Su curva de tiempo/temperatura es conocida curva de tiempo/temperatura estándar, también conocida como la curva de los componentes de la construcción, mientras que la variedad de alta temperatura es llamada curva de hidrocarburos de alta intensidad, ya que se fundamenta en la combustión de petróleo y sus derivados que arden de inmediato a una temperatura muy alta.⁸ La prueba más severa, y rara vez utilizada, de todas las

⁸ Es vital determinar si la exposición a un incendio será tipo celulósico o de hidrocarburo de alta intensidad ya que en el incendio celulósico se alcanza una temperatura de unos 1,150°C después de 4 horas del inicio del incendio, mientras que en el de hidrocarburo la alcanzará en los primeros minutos de exposición como se puede apreciar en la siguiente gráfica:



pruebas de exposición al fuego es la prueba denominada "Jetfire Test" que ha sido utilizada en cierto grado en el Reino Unido y en Noruega, pero no se le encuentra en las regulaciones comunes para incendios celulósicos. Está diseñada para que un Sistema de Protección Pasiva contra Incendios brinde un alto grado de protección en fugas de gas a alta presión, las cuales además de la alta temperatura tienen un efecto de impacto por explosión y abrasión muy severos.

Típicamente, durante la construcción de los edificios, los sistemas de protección contra el fuego deben conformarse a los requerimientos del Código de la Construcción⁹ que estaba vigente al momento en que se solicita el permiso de construcción. La vigilancia al cumplimiento de los requerimientos del código de la construcción es, típicamente, la responsabilidad de los departamentos municipales de la construcción. Una vez que la construcción

⁹ Un código de la construcción, control de la construcción o reglas de la construcción, es un conjunto de reglas que especifican los estándares mínimos para objetos construidos tales como edificios, y estructuras que no son usadas como edificios. El objetivo primordial de los códigos de la construcción son proteger la salud pública así como el bienestar general en su relación con la construcción y la ocupación y uso de los edificios y las estructuras. El código de la construcción se convierte en la Ley de una jurisdicción particular cuando de manera formal es ejercido por el gobierno correspondiente o una autoridad privada.

haya concluido, el inmueble deberá preservar su diseño básico cumpliendo con el código del fuego vigente, lo que es vigilado por los oficiales de la prevención del fuego del departamento municipal del fuego. Un plan de protección contra el fuego actualizado con un inventario completo con todos los detalles del mantenimiento y de todos los componentes que forman parte del Sistema Contra Fuego, lo que incluye al Sistema Pasivo de sellos corta fuego, ignifugación del acero, puertas, muros, etc. así como al Sistema Activo de rociadores, detectores de fuego, sistemas de alarma por fuego, extinguidores, etc., ya que son requisitos típicos para comprobar el cumplimiento con las leyes y regulaciones aplicables. Para saber si un edificio cumple o no con las regulaciones de seguridad contra el fuego, es muy útil conocer sus Sistemas Pasivos y Activos contra fuego así como conocer el criterio de selección de su instalación así como su mantenimiento.

Los cambios por el avance en los sistemas de protección contra el fuego o sus equipos y que atañen a la integridad estructural, el fuego, o el tipo de uso del inmueble y su ocupación, deberá ser cuidadosamente examinado por el Comité Regulatorio correspondiente. El cambio de un inmueble requiere de un permiso de construcción y si el cambio es pequeño, tan solo una revisión del oficial de protección contra el fuego local. Las revisiones del Director Responsable de la Obra,

DRO, también coadyuva a la prevención de problemas potenciales que pudieran no ser visibles al dueño del inmueble o a los contratistas. Existen deficiencias muy comunes y enormes que afectan los Sistemas Pasivos; por ejemplo, deshabilitar el cierre automático de puertas clasificadas contra el fuego, dejándolas abiertas o colocando tapetes a través de ellas, o perforar muros y pisos clasificados resistentes al fuego sin instalar el sellos corta-fuego requerido para asegurar la continuidad de la barrera contra fuego sellando estas perforaciones.

Lo viejo y lo nuevo

En países con buenas prácticas de PPCI, uno puede diferenciar un sistema aprobado de uno que no lo está. Los sistemas aprobados fueron probados y verificados por autoridades acreditadas, lo que incluye por lo general a entidades como DIBt¹⁰ en Alemania, Underwriters Laboratories Inc. en los Estados Unidos de Norteamérica, ULC en Canadá, ONNCEE en México, y otros. Cada una de estas organizaciones publica sus códigos y normas, con detalles de ensambles de muros y pisos donde se señala que materiales pueden ser usados en el ensamble. Es rutinario que en estos países los arquitectos consulten los detalles de estos

¹⁰ Instituto Alemán de Tecnología de la Construcción

diagramas publicados por las entidades acreditadas para que los instaladores de los Sistemas Pasivos hagan su trabajo tal y como se indica en los dibujos publicados de PPCI con clasificaciones de intervalos de tiempo de protección conocidos. Los sistemas aprobados son publicados, después de pruebas de su desempeño, en directorios con los resultados por normas y códigos del desempeño. Los sistemas nuevos están por regla basados en listados de certificaciones, en donde la configuración instalada sea aproximada de acuerdo a las tolerancias establecida en los listados de certificaciones. Existen países como el Reino Unido donde la prueba es obligatoria pero la certificación opcional.

Países con certificación opcional

Las pruebas contra el fuego en el Reino Unido son reportadas en la forma de resultados de prueba, pero a diferencia de lo que sucede en Norte América y Alemania, las autoridades de la construcción no requieren de certificado de prueba escrito que constate que el material instalado en el sitio es de hecho idéntico a los materiales y productos que fueron utilizados en la prueba. El reporte de prueba a menudo también es interpretado por ingenieros, ya que los resultados de pruebas no son comunicados de manera uniforme. En Gran Bretaña y otros países que no requieren de certificación escrita, la prueba de que el fabricante no ha

substituido los materiales por otros distintos a los utilizados en la prueba original es en base a la confianza y en la ética o la culpabilidad del fabricante.

En Norte América, México excluido, y en Alemania, la Certificación de Producto¹¹ es la clave para el éxito de una defensa legal de las barreras de protección contra el fuego en el caso de un siniestro, además de otras certificaciones del control de la calidad de las instalaciones específicas y de que el ensamble es localizable, aun cuando esto no sea un requerimiento legislativo o regulatorio. Sin embargo, la pregunta de cómo uno puede estar seguro, aparte de la buena fe hacia el proveedor, de que lo que fue probado es idéntico a lo que se ha comprado e instalado, es una cuestión personal de confianza. En cambio, no existe declaratoria de inoperatividad en Sistemas de Protección Pasiva bajo el programa de seguimiento del control de la calidad por algunas organizaciones que cuentan con una acreditación nacional para la certificación de

¹¹ La Certificación de Producto o Calificación del Producto es el proceso de certificar que cierto producto ha pasado pruebas de desempeño y pruebas de aseguramiento de la calidad, y reúne los criterios de calificación estipulados en contratos, regulaciones, o especificaciones, también conocidos como esquemas de certificación en la industria de la certificación de producto.

productos, tales como DIBt en Alemania o Underwriters Laboratories¹² en EUA y de Canadá.¹³

¹² UL LLC es una empresa-Americana mundial de consultoría en seguridad y una compañía de certificación establecida en Northbrook, Illinois, EUA. Mantiene oficinas en 46 países. Establecida en 1894 como el Underwriters Electrical Bureau, un buró del National Board of Fire Underwriters (reaseguradoras contra el fuego), es conocido en el siglo XX como Underwriters Laboratories y ha participado en el análisis de la seguridad de muchas de las tecnologías nuevas de esa centuria. Cabe destacar la adopción pública de la electricidad y el borrador de los estándares de seguridad para los aparatos eléctricos y sus componentes.

UL brinda certificaciones relacionadas con la seguridad, validación, pruebas, inspección, auditoria, consultoría y servicios de entrenamiento en una amplia gama de clientes, que incluye a fabricantes, detallistas, responsables de políticas, agencias reguladoras, compañías de servicios y consumidores.

UL es una de varias de las compañías aprobadas para realizar pruebas de seguridad por la agencia federal de EUA Occupational Safety and Health Administration, OSHA, quien mantiene un listado de laboratorios aprobados de pruebas, los cuales son conocidos como Nationally Recognized Testing Laboratories (laboratorios nacionales de prueba reconocidos).

¹³ Aunque México cuenta con la NMX C307 INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-EDIFICACIONES-RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS Y COMPONENTES-ESPECIFICACIONES YMETODOS DE ENSAYO una norma de Protección Pasiva contra incendios de los ensambles de la construcción, no cuenta con un laboratorio para su prueba acreditado por la EMA - Entidad Mexicana de Acreditación y por lo tanto carece de un listado de Sistemas Pasivos contra Incendios aprobados. La Ley Federal de Metrología y Normalización reconoce los resultados de pruebas de ensayos realizados en laboratorios acreditados para la determinación de la resistencia al fuego con la norma de prueba ASTM E119, que es equivalente a la mexicana NMX C307 INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-EDIFICACIONES-RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS Y COMPONENTES-ESPECIFICACIONES YMETODOS DE ENSAYO.

PROTECCIÓN PASIVA CONTRA INCENDIOS EN EDIFICIOS

Prefacio

Esta sección ha sido preparada gracias a la experiencia acumulada de expertos en el ramo y presenta métodos económicos para la protección pasiva contra incendios de los edificios para brindar un cumplimiento a las regulaciones de la construcción. Brinda una orientación del tipo de materiales y sistemas adecuados para este fin, mismos que son fabricados, mercadeados o aplicados por personal capacitado.

Para todos los productos de Protección Pasiva, el espesor requerido de la protección contra el fuego variará dependiendo del producto en específico. Los fabricantes cuentan con tablas de ingeniería de sus productos para esto.

El factor de la sección H_p/A ha sido utilizado durante muchos años. Para evitar confusiones, debe ser dicho que el factor A/V y H_p/A tienen significados muy parecidos, así como el factor M/D que es más utilizado en Norteamérica.¹⁴

¹⁴ Ver más adelante Respuesta Térmica y Factor de la Sección.

Alcance

Esta sección contiene información de los antecedentes y las razones por las cuales un edificio requiere de Sistemas Pasivos de Protección contra Incendios, y explica los conceptos básicos de las pruebas de fuego y como especificar la protección. Explica los conceptos del Factor de la Sección utilizado para la evaluación de la protección.

Definiciones

Adherencia

La capacidad que tiene un material de protección contra el fuego de mantenerse adherido en su posición al ser expuesto a un rango definido de deformaciones, temperatura del horno y el acero, de modo que su habilidad en actuar con efectividad durante el incendio no quede minada.

Carga de Fuego

La energía por cada metro cuadrado de área de piso de material combustible presente en el interior de un cuarto, habitáculo o del edificio mismo.

Factor de la Sección (A/V)

El gradiente del incremento de la temperatura de una sección de acero se determina calculando la relación entre el área de la superficie expuesta al calor (A) entre su volumen (V). Esta relación,

también conocida como H_p/A , tiene unidades m^{-1} y es conocido como 'Factor de la Sección'. Elementos con un factor menor se calentarán más lentamente.

Ignifugación lanzada al contorno: La relación entre el área interna de superficie y la ignifugación del producto por unidad de longitud, entre el volumen del corte de la sección del elemento de acero por unidad de longitud.

Ignifugación tipo cajón: La relación del área interna de la superficie del rectángulo y cuadrado más pequeño del cajón que pueda ser medido alrededor del miembro de acero por unidad de longitud del área del corte de la sección del miembro de acero por unidad de longitud.

Tomar nota que la determinación del Factor de Sección en vigas celulares es diferente.

Intumescente / recubrimiento reactivo

Recubrimiento que reacciona con el calor, expandiéndose de manera controlada a muchas veces más su espesor original para producir una capa de carbón que actúa como una capa aislante para proteger el sustrato de acero.

Organismo regulador

Usualmente, un comité responsable de la preparación de los estándares relativos al fuego.

Orientación

El plano donde está expuesto el espécimen de prueba, ya sea vertical u horizontal durante la prueba.

Productos para la protección pasiva contra incendios, tanto paneles como productos lanzados
Son aquellos productos que no sufren un cambio en su forma cuando se les aplica calor, brindando así la protección contra el fuego por las virtudes de sus propiedades físicas y térmicas.

Productos Reactivos de Protección al Fuego, p. ej. Recubrimientos intumescentes

Productos específicamente formulados para tener una reacción química al incrementarse la temperatura de modo que cambia de forma física y al hacerlo brinda la protección contra el fuego mediante una capa térmica aislante además de sus efectos de enfriamiento; por ejemplo, los productos intumescentes.

Temperatura crítica

La temperatura a la cual se espera la falla del acero estructural dependiendo de la carga que soporta el acero.

Temperatura de diseño

La temperatura de diseño es la temperatura determinada mediante un cálculo en la cual se

espera la falla del elemento de acero dado cierto nivel de carga en un lugar particular del edificio.

Termómetro de Placa

Una placa de acero aislada de 100 x 100 mm a la que se instala un termopar y es utilizada para poder medir la temperatura del horno de prueba.

Tiempo de Resistencia al Fuego

El tiempo de Resistencia al fuego de cada una de las secciones de acero de una viga con su carga de trabajo aplicada, es el periodo de duración de la prueba hasta que el espécimen ya no sea capaz de soportar su carga de diseño. Ver la Sección 1. La Resistencia a fuego de un muro o piso en un compartimiento que es atravesado por una estructura protegida, también debe de ser considerado, de modo que la capacidad esperada de carga, la integridad y el criterio de aislamiento del muro no sea vean comprometida por el acero protegido y los componentes del sello corta-fuego y sus elementos penetrantes.

Temperatura Límite del Acero

La temperatura máxima del elemento de acero antes de que se presente su falla en condiciones de exposición al fuego.

Viga compuesta

Una viga tipo I conectada con tornillos al concreto reforzado o a la losa compuesta del piso donde la

sección del acero y la losa del piso están diseñadas para actuar como un mismo sistema.

Aspectos de la protección contra el fuego

Introducción

Las regulaciones requieren que ciertos elementos de la estructura mantengan su resistencia estructural durante un periodo conocido durante un incendio. El que un elemento requiera de Resistencia al fuego depende de factores como el tamaño, altura, uso y ocupación del inmueble y la función del elemento. Cuando se exponen al fuego, todos los materiales estructurales usualmente utilizados pierden algo de su Fortaleza, por ejemplo, el concreto se puede delaminar, dejando en ocasiones expuestas a las varillas de refuerzo, las secciones de madera se agotan por la carbonización del elemento y los miembros de acero eventualmente pierden su Resistencia de carga. El acero trabajando soportando su carga de diseño va a perder su margen de seguridad por diseño a una temperatura de alrededor de 550°C, sin importar el tipo de acero. Los miembros que soportan cargas menores que a la cual fueron diseñados pueden mantenerse estables aún a temperaturas de más de 700°C.

Las pruebas de Resistencia estructural en un incendio, realizadas de acuerdo a las normas diseñadas para tal fin, como ASTM E119, ANSI/UL

263 y NFPA 251, todas idénticas, en EUA, NMX C307 Industria de la Construcción-Edificaciones-Resistencia al Fuego de Elementos y Componentes-Especificaciones y Métodos De Ensayo en México y BS-476-21 o ENV 13381-4 en el Reino Unido, así como las aplicables en otros países, han demostrado que el uso de productos para la protección contra el fuego descritos en esta publicación, el criterio para soportar la carga de desarrollo de la prueba, puede ser satisfecho en un rango de temperaturas dependiendo de su carga.

Donde se requiera que los elementos de acero tengan una Resistencia estructural al fuego, se protegerán aplicando barreras contra fuego al espesor seco investigado para la protección inherente de la sección de acero para una exposición dada al fuego. Alternativamente, en algunos casos, una Resistencia limitada contra el fuego puede ser alcanzada por virtud del desempeño inherente a la sección de acero en particular. Las pruebas de Resistencia al Fuego en miembros fuertemente cargados y comprimidos han probado que, en algunas ocasiones, tienen una Resistencia estructural al fuego de 15 minutos o más sin haber recibido una barrera contra fuego dada su masividad.

MÉTODOS DE PROTECCIÓN Y PRUEBA CONTRA EL FUEGO¹⁵

El mercado ofrece una amplia gama de materiales para mejorar la resistencia estructural al fuego de los

¹⁵ La prueba de soplete y placa de acero para determinar la Resistencia a Fuego, muy utilizada en México, no es un método que aporte resultados válidos al compararse con la NMX C-307 o sus equivalentes extranjeros, como ASTM E119, entre otras.

En la voz de Underwriters Laboratories Inc.:

To our knowledge, there is no relationship between the results obtained by the steel plate/oxy-acetylene torch test method described in your letter and the results obtained from fire test conducted in accordance with Standard UL 263.

Traducción: En nuestro conocimiento, no existe una relación entre los resultados obtenidos por el método de prueba de placa de acero/soplete de oxígeno-acetileno, descrito en su escrito y los resultados obtenidos de la prueba de fuego de acuerdo al Standard UL 263 (NMX C307)

En la voz de la Dirección General de Normas de la Secretaría de Economía de México:

...las empresas que manifiestan dar cumplimiento a la NMX C-307 y que someten sus productos al método de prueba IMP-GTM-B-I-0001-1995 (prueba de soplete con placa de acero), aplicado por los laboratorios de las entidades de la administración pública citadas en su escrito, deberán cumplir con las norma mexicana mencionada (NMX C307 sujetándose también a lo dispuesto en la LFMN (Ley Federal de Metrología y Normalización) y demás ordenamientos legales aplicables, ya que el método citado no puede ni debe sustituir al contemplado en la NMX C307 para las construcciones y edificaciones a realizarse en el Distrito Federal en los términos del RCDF y la NTC vigentes aplicando para esos efectos lo dispuesto por la LFMN y los ordenamientos legales derivados, tal y como se expresó anteriormente.

En la voz del Laboratorio de Pruebas contra fuego acreditado de Isolatek International

Ante la duda de un producto que con la prueba de soplete y placa de acero reclama 180 minutos de resistencia, se usó la misma placa de acero de ¼ " de espesor, protegida con un recubrimiento en total cumplimiento al método anterior, cambiando la fuente de energía de un soplete a una tipo ASTM E119, (equivalente a NMX C307):

RESULTS

ASTM E119 measures the elapsed time to reach an end point temperature of 1000°F on the unexposed side of the steel substrate.

<u>Specimen</u>	<u>Time to Reach 1000°F Average Temp. (minutes)</u>
1. Control with no protection	11
2. Fire-Shield formula at 2.7 mm thickness	23
3. Fire-Shield formula at 3.5 mm thickness	28

None of the thermocouples measuring the unexposed side of the steel substrate recorded an individual temperature of 1300°F during these tests.

CONCLUSION

In this test series, the Fire-Shield product gave the steel substrate 12 and 15 additional minutes of fire protection as compared to the unprotected control.

REPORTED BY

Robert Osterlog

Robert Osterlog
Supervisor
Research Department

REVIEWED BY

Edward Nebesnak R20

Edward Nebesnak
Manager
Research Department

RESULTADOS: Un producto que ofrezca 180 minutos de resistencia a fuego de acuerdo a la prueba de soplete y placa de acero, tan solo brindará un máximo de 15 minutos de resistencia a fuego al ser expuesto a una fuente de energía equivalente a ASTM E119 (NMX C307).

OBSERVACIÓN: Debido a que los sistemas tan solo probados con la prueba de soplete y placa de acero están en incumplimiento al método de prueba NMX C307, se sugiere que las autoridades responsables de la Seguridad Humana, como es Protección Civil, ante este incumplimiento, que pone claramente en riesgo la vida de los ocupantes de estos inmuebles, establezcan una Alarma de Seguridad por Incumplimiento en los inmuebles falsamente protegidos con estos sistemas.

perfiles de acero. Pueden ser aplicados de diversas maneras para satisfacer prácticamente cualquier requerimiento del proyecto. Al considerar un Sistema Pasivo de Protección contra Fuego, es importante distinguir entre la instalación de un sistema al contorno, en caja o sólido. Los productos lanzados normalmente son aplicados al contorno de la sección y las placas normalmente para formar cajones.

Existen en el mercado falsos plafones resistentes al fuego, especialmente diseñados e instalados, que utilizan soportes metálicos aligerados, losetas y paneles aislantes o productos lanzados o aplicados con lana sobre malla de metal desplegado, como una barrera efectiva de protección pasiva contra incendio de los perfiles estructurales los cuales han sido probados de acuerdo a normas, p. ej. BS 476-23 ó ENV-13381-1. La protección contra el fuego que brindan puede ser utilizada para la protección de todo el espacio entre el falso plafón y la losa del entrepiso, lo que obvio incluye a todos los ensambles de piso/viga de acero, pero esto está más allá del alcance de este libro.

A la fecha, se están revisando las normas de la protección contra el fuego en Europa y América. Uno de los grandes objetivos es armonizarlas para poder favorecer su comercio internacional. La adopción en los países europeos de los estándares

elimina barreras técnicas para el comercio en toda la Comunidad Europea. El uso del estándar internacional de pruebas de fuego ISO 834 busca colocar más en línea una base para el comercio internacional de productos así como del intercambio de los datos obtenidos en las pruebas de fuego.

Figura 1: Técnica de ignifugación en tres lados

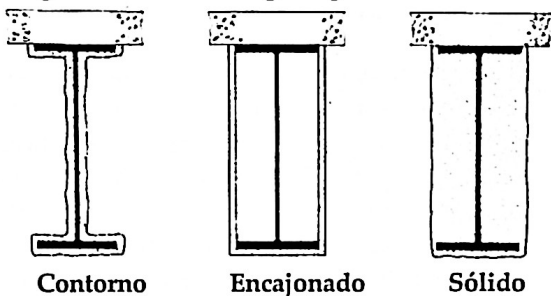


Figura 2: Técnica de ignifugación en cuatro lados



Idealmente, el tamaño y la construcción del ensamble de prueba debieran ser idénticos al ensamble en su posición de trabajo. En ASTM E119, BS 476, NMX C307 Industria de la Construcción-Edificaciones-Resistencia al Fuego de Elementos y Componentes-Especificaciones y Métodos De

Ensayo y otras normas similares, las vigas, con su carga de trabajo aplicada, el sistema pasivo instalado a tres lados con el patín superior en contacto con la losa del entrepiso. Las columnas en cambio se prueban verticalmente con la protección instalada en todos los lados. Por lo tanto, es común encontrarse con los términos "tres lados" y "cuatro lados" de exposición al fuego al referirse a la ignifugación del acero.

También es común, al referirse a las pruebas y uso de la ignifugación utilizar el término "orientación" para referirse a horizontal, como una viga, o vertical, como una columna. El término "orientación" es utilizado en este libro. Las hojas técnicas de producto han sido derivadas, en mucho, de las pruebas realizadas en laboratorios acreditados de pruebas contra el fuego como el BRE/FRS en Europa y UL en América.

Los resultados de una prueba de ignifugación son relativos a la sección probada y su carga de diseño, junto con el espesor y el desempeño propio de cada sistema. Pero repetir este procedimiento para explorar aquellas variables importantes de todas las secciones de acero disponibles sería económicamente prohibitivo. Por lo tanto, se han desarrollado procedimientos de evaluación que permiten un desempeño clasificado para un rango de secciones de acero, lo cual se calcula con la

información obtenida de un número limitado de pruebas.

Prueba de la Resistencia al Fuego de estructuras

Los procedimientos utilizados para determinar la Resistencia a fuego de los elementos estructurales que soportan o no, su carga de trabajo, están especificados en las siguientes normas:

- * Europa: BS EN 1364-1:2015 - Fire resistance tests for non-loadbearing elements. Walls
- * Holanda: NEN 6068:2016 nl - Bepaling van de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag tussen ruimten
- * Alemania: DIN 4102 - Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
- * Reino Unido: BS 476 - British Standard 476 Fire Tests
- * Canadá: ULC-S101 - Fire Endurance Tests of Building Construction and Materials
- * Estados Unidos: ASTM E119 - 16 - Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials
- * México: NMX-C-307-1-ONNCCE-2016 - Industria de la construcción - edificaciones - resistencia al fuego de elementos y

componentes - especificaciones y métodos de ensayo- parte 1 elementos estructurales

- * Y otros que a la fecha las han adoptado

A grandes rasgos, todas las normas para la determinación de la Resistencia a fuego de los elementos estructurales del inmueble aseguran que en un incendio van a soportar su carga de trabajo durante el período clasificado, así como los muros contra el fuego que normalmente no soportan carga pero son extremadamente críticos pues protegen las rutas de evacuación del inmueble.

Las normas de PPCI , sin importar que país las promulgue, contemplan tres criterios de aceptación:

1. Capacidad de soportar la carga de diseño.
2. Capacidad del sistema en mantener su integridad y desempeño.
3. Capacidad de actuar como un aislamiento.

Resistencia al colapso [Capacidad de soportar la carga de diseño (R)]

Esta capacidad, designada con la letra R en las normas europeas, indica la habilidad del elemento para mantenerse en su lugar y soportar la carga requerida sin sufrir una deformación excesiva durante el periodo clasificado de resistencia al fuego.

Resistencia a la penetración del fuego [integridad (E)]

Es la habilidad del elemento en resistir el paso de la flama y los gases calientes y también, no exhibir flamas del lado *no expuesto* al incendio.

Resistencia a la transferencia de calor excesivo [aislamiento (I)]

Es la habilidad del elemento en resistir la transmisión del calor por conducción y es de particular importancia donde la estructura de acero cruza compartimientos o muros o pisos con una clasificación de resistencia a fuego.

Descripción general de las pruebas contra fuego de la norma ASTM E119 y NMX C307

Las vigas con su carga de trabajo aplicada se prueban en posición horizontal, trabajando en un ensamble con una losa de piso, y deben tener una longitud como mínimo de 4.25 metros, usando una viga universal 305x127x42 para los sistemas pasivos de barrera ignífuga y en una viga universal 406x178x60 para recubrimientos intumescentes.

Las columnas, con su carga de diseño aplicada, se prueban de manera vertical en una columna universal 203x203x52 kg/m con una longitud expuesta de por lo menos 3 metros (Figura 4). Inicialmente el espécimen de prueba está en posición vertical y aunque se puede expandir fijo en los extremos por lo que se presenta una torsión en la columna.

Diagrama de la disposición general para prueba de columna

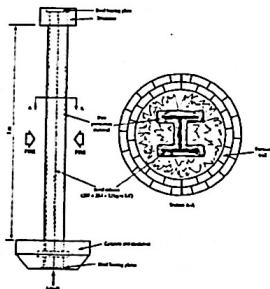
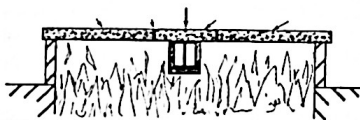


Diagrama de la disposición general para prueba de una viga



La carga aplicada a la columna es la máxima permitida por su diseño y la columna deberá preservar su capacidad de resistir esta carga durante

todo el transcurso de la prueba. Es importante observar la adherencia del sistema.

Evaluación de los materiales para la protección ignífuga

Tanto en América como en Europa se han desarrollado métodos para evaluar el desempeño de la protección contra fuego de modo que se pueden calcular espesores para la protección contra incendios en un sin fin de situaciones presupuestas. El procedimiento consta de dos partes. En la primera, se diseña y ejecuta un programa de pruebas de fuego cuidadosamente diseñadas tanto en elementos con carga como con carga y en la segunda parte, se aplica un procedimiento matemático a los resultados de las pruebas lo que permite predecir el espesor requerido a utilizar. Estos programas de pruebas son diseñados para determinar tanto las características del aislamiento de la protección contra incendios y su comportamiento físico en condiciones de un incendio para un rango de diferentes secciones de acero de acuerdo a sus diferentes Factores de Sección, espesor para la protección y periodo de la resistencia al fuego. Estos programas generan la máxima cantidad de datos con un número reducido de pruebas.

Para mayor información de las pruebas de resistencia al fuego, su programación y la evaluación de los procedimientos consultar nuestra

Guía ASPACI de Sistemas Pasivos a base de paneles y lanzados y Sistemas Reactivos Intumescentes.

Espesor del material y temperatura del acero

Los materiales, al igual que las normas, son revisadas y sufren cambios. En la Guía ASPACI se publican Tablas de Productos Clasificados. Pero es importante que las condiciones asumidas para estas temperaturas sean comprendidas.

En la primera etapa, ejemplificado con la norma de prueba ASTM E119 de los EUA, ampliamente homologada en diversos países, contempla un espesor tal que no se sobrepase una temperatura máxima de 550°C en columnas y 620°C en vigas soportando entrepisos, durante un intervalo de tiempo dado de resistencia al fuego. Esto asume que el perfil estructural soporta casi el total de su carga de diseño al momento del incendio y asume una representación simplista del comportamiento del acero a altas temperaturas. En una etapa subsecuente, con la introducción de estas temperaturas en las normas europeas, se comprendió el comportamiento de columnas y vigas durante el desarrollo de un incendio lo que a su vez provocó un avance de los códigos de la construcción europeos. Hoy sabemos que el primer enfoque, tipificado en la norma norteamericana ASTM E119, es casi invariablemente conservador,

pero en casos muy limitados, también se puede demostrar que no lo es.

Si los códigos de diseño de fuego para la protección pasiva de las estructuras no se usan para calcular las temperaturas máximas permisibles requeridas de acuerdo a cada producto para asegurar que el perfil estructural no va a exceder esta temperatura durante el intervalo de tiempo de la clasificación contra al fuego en los perfiles, entonces se usarán las temperaturas previas de 550°C y 620° además de considerar el tipo de ocupación que tendrá el inmueble durante su operación. La norma mexicana NMX C307 Industria de la Construcción-Edificaciones-Resistencia al Fuego De Elementos y Componentes-Especificaciones y métodos de Ensayo es un buen ejemplo de una norma con estas prescripciones.

Durante un incendio, se permite considerar tan solo la resistencia estructural del elemento. Los estándares de prueba, como BS-476, basan con efectividad el criterio de falla de los elementos que soportan carga en su fortaleza. Sin embargo, las vigas a menudo son diseñadas para requisitos de servicio (deflexión) lo que significa que su resistencia no está siendo utilizada en un 100% cuando la viga está trabajando en frío y tendrían una reserva adicional de resistencia en el estado límite del fuego. Las columnas a menudo se construyen de modo que un solo tramo será de dos o tres niveles de altura. El nivel más bajo será el que soporte la

mayor carga y el más alto la menor. Otro factor que afecta la temperatura de falla durante un incendio es que existe un número finito de tamaños de vigas. Los diseñadores a menudo se ven forzados a usar "el siguiente tamaño mayor" por lo que los perfiles de acero, en términos de su resistencia estructural, no son utilizados completamente en su estado normal, pero tendrán reducciones de su resistencia en el estado límite de fuego.

· Criterio del desempeño

En el caso de un incendio, la resistencia mecánica de toda la estructura, o de elementos estructurales individuales deberá ser diseñada y construidos de formas tal que su función de resistencia de carga se mantenga durante las cargas calculadas para cargas permanentes y temporales durante la exposición relevante al fuego.

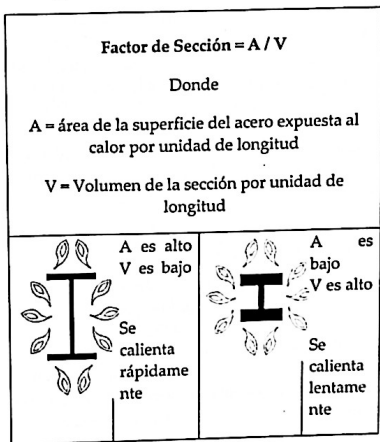
Cualquier diseño especificado o requisito regulatorio para el aislamiento y la integridad de los muros y pisos, incluyendo sus miembros incorporados, que sean parte de la compartimentación, también deberán ser satisfechos.

Respuesta Térmica y Factor de la Sección

La pendiente del incremento de la temperatura de una sección de acero se determina con la relación de

la superficie del área expuesta al calor (A) al volumen (V). Esta relación, A/V , tiene unidades de m^{-1} y es conocido como "Factor de la Sección". Los perfiles con Factores de Sección bajos se calentarán más lentamente, lo cual se muestra en el diagrama de la Figura 3.

Figura 3: Concepto del Factor de Sección



En otras publicaciones el Factor de Sección se escribía como H_p/A . En los estándares nuevos

europas de pruebas y diseño (ENV13381-4, ENV1993-1-2 y ENV1994-1-2) el Factor de Sección se presenta como A/V , que en general tiene el mismo valor numérico que H_p/A . Es muy probable que la designación H_p/A gradualmente deje de ser utilizada.

Una sección de acero con una gran área superficial (A) va a recibir más calor que un área pequeña. Asimismo, a mayor volumen (V) de la sección, mayor será la disipación de calor. Se concluye por tanto, que una sección pequeña y gruesa tendrá un incremento de temperatura más lento que uno delgado. El Factor de Sección A/V es, por lo tanto, una medida del rango mediante el cual una sección se calentará en un incendio. A mayor valor del Factor de Sección A/V , mayor será el espesor necesario de protección.

Desempeño del acero encajonado con sistemas pasivos de ignifugación

Para evaluar el desempeño de un sistema de encajonamiento para la ignifugación del acero, es necesario realizar una prueba de resistencia a fuego, para el periodo máximo de resistencia a fuego sobre un espécimen con su carga máxima de trabajo aplicada en la orientación del espécimen a ser evaluado.

La prueba de resistencia a fuego debe ser realizada en una sección de acero encajonada con el panel que vaya a ser utilizado en la práctica.

El desempeño del miembro de acero encajonado con su sistema de protección deberá compararse con el valor (es) tomados de la hoja técnica apropiada a la temperatura(s) crítica derivada de las pruebas de los miembros de acero *protegidos con el mismo material pero sin el encajonamiento del acero*.

- 1) Si el desempeño de la ignifugación tipo cajón es mayor o igual al desempeño del espécimen sin el encajonamiento del acero, las hojas técnicas para el material de protección sin el encajonamiento pueden ser utilizadas para el sistema de encajonamiento del acero sin corrección alguna. Los mismos resultados de datos pueden ser usados para mostrar la conveniencia de otros materiales de tipo similar.
- 2) Si el desempeño logrado a la temperatura crítica del acero es menor al valor esperado de los resultados de prueba para el sistema de protección sin el encajonamiento del acero, la hoja de datos para el sistema de encajonamiento deberá modificarse con el uso de un factor de corrección para lograr que ambos juegos de información se pongan en concordancia.

CONCLUSIÓN

América Latina ha ido adoptando normas para la evaluación de sistemas pasivos contra fuego cuyo modelo de criterio se ha fundamentado, principalmente, en la norma norteamericana ASTM E-119 para la evaluación de componentes de la construcción en un incendio, y lo ha hecho solo hasta finales del siglo XX, por lo que la región presenta un rezago en este rubro de la ingeniería, lo cual, aunado a una ausencia de infraestructura de laboratorios de prueba certificados para realizar estas pruebas, ha frenado el desarrollo de los sistemas pasivos contra fuego en la región.

Las estrictas especificaciones que gobiernan a la Protección Pasiva Contra Incendio son la principal razón por la cual un Sistema de Protección Pasiva Contra Incendios es la mejor inversión que se pueda hacer.

Una vez certificado el cumplimiento a un laboratorio acreditado de reconocimiento por las compañías de seguros, el descuento en la prima de seguros por daños provocados por incendios, disminuirá considerablemente.

La opinión del Instituto Nacional de Protección contra el Fuego, A.C. es que los inversionistas adopten los modelos de ingeniería de la Protección

Pasiva Contra Incendios Certificada reconocida por las compañías de seguro para beneficiarse del ahorro inmediato durante la vida útil del inmueble del gasto en la prima de seguros por daño de incendio, y esto impulsará hacia avances que igualen lo investigado hasta el día de hoy en los países con una sólida filosofía de preservación de la vida y de la propiedad.

El Instituto Nacional de Protección Contra el Fuego puede ser contactado en:

Tel: +52 1 (55) 5635-1831

* F I N *