

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA**

**UNAN- RURD**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS**

**DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA**

**INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS**



**MONOGRAFÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS.**

**TEMA:**

**“PROPUESTA DE APLICACIÓN DE UN MATERIAL PIORRETARDANTE A MATERIALES CONSTRUCTIVOS PARA LA REDUCCIÓN DE RIESGOS POR INCENDIOS EN EL SECTOR COMERCIAL DE NICARAGUA EN EL PERÍODO DE SEPTIEMBRE 2014 A SEPTIEMBRE 2015”**

**Autores:**

**Maykol Salazar Betanco**

**Wilmer Sequeira Calero**

**Tutor: Ing. David Cárdenas**

**Asesor Metodológico: Ing. Sergio Ramírez**

**Miércoles 26 de agosto de 2015**

## ÍNDICE DE CONTENIDO.

DEDICATORIAS.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
RESUMEN.....	iii
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	2
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	4
2. OBJETIVOS.....	5
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
3. MARCO REFERENCIAL.....	6
3.1 MARCO TEÓRICO.....	6
3.2 MARCO CONCEPTUAL.....	36
3.3 MARCO ESPACIAL.....	37
3.4 MARCO TEMPORAL.....	38
3.5 MARCO LEGAL.....	39
4. HIPÓTESIS.....	40
5. DISEÑO METODOLÓGICO.....	41
5.1 Tipo de enfoque.....	41
5.2 Tipo de investigación.....	41
5.3 Población.....	41
5.4 Muestra.....	41
5.5 Tipo de muestreo.....	41
5.6 Recolección de datos.....	41
5.7 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	42
6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	43
7. CONCLUSIONES.....	82
8. RECOMENDACIONES.....	83
9. BIBLIOGRAFÍA.....	84
10. ANEXOS.....	86

## ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla No 1. Descripción de los materiales aislantes inorgánicos que presenta una consistencia porosa.....	8
Tabla No 2. Descripción de los materiales aislantes inorgánicos que presentan una consistencia fibrosa.....	9
Tabla No 3. Otros materiales aislantes inorgánicos que presentan una consistencia fibrosa.....	10
Tabla No 4. Descripción de materiales aislantes orgánicos con una consistencia porosa.....	11
Tabla No 5. Otros materiales aislantes orgánicos con una consistencia porosa.....	12
Tabla No 6. Descripción de materiales aislantes inorgánicas con una consistencia fibrosa.....	13
Tabla No 7. Otros materiales aislantes inorgánicos con una consistencia fibrosa.....	14
Tabla No 8. Factores de la prevención de incendios.....	25
Tabla No 9. Cronograma de actividades de la investigación.....	38
Tabla No 10. Clasificación de los muros de carga exteriores.....	43
Tabla No 11. Clasificación de los muros de carga interior.....	45
Tabla No 12: Clasificación de las columnas.....	46
Tabla No 13. Clasificación de las Vigas, Jácenas, Armaduras y Arcos.....	47
Tabla No 14. Clasificación de los pisos, Techos y Muros exteriores sin carga.....	49
Tabla No 15. Corridas experimentales sustancias piroresistentes.....	52

## ÍNDICE DE GRÁFICAS Y FIGURAS.

Figura 1. Modelo matemático de relación.....	27
Figura 2: Nicaragua.....	37
Gráfica No 1. Comparaciones entre las sustancias piroretardantes.....	54
Gráfica No 2. Logaritmo de temperatura vs tiempo.....	55
Gráfica No 3. Logaritmo temperatura vs tiempo.....	56
Gráfica No 4. Conocimiento de materiales resistentes al fuego.....	57
Gráfica No 5. Conocimiento de leyes en nuestro país que regulen el uso de materiales resistente al fuego.....	58
Gráfica No 6. Conocimiento de normas internacionales que hacen referencia al uso de materiales resistente al fuego.....	58
Gráfica No 7. Materiales resistentes al fuego utilizados en Nicaragua.....	59
Gráfica No 8. Necesidad de leyes que obliguen la utilización de materiales resistentes al fuego.....	60
Gráfica No 9. Nivel que se aborda el tema de materiales resistente al fuego en el departamento de construcción.....	60

## **ÍNDICE DE ANEXOS.**

Anexo No 1. Formato para realizar las entrevistas a los docentes.....	84
Anexo No 2. Norma técnica obligatoria nicaragüense de protección contra incendios, requisitos generales.....	85
Anexo No 3. Imagen de sistema de suspensión para ceiling.....	103
Anexo No 4. Modelo de Establecimientos comerciales que almacene materiales inflamables y explosivos.....	104
Anexo No 5. NFPA 255.....	106
Anexo No 6. Norma ANSI/UL 263.....	108
Anexo No 7. Resumen de Norma NFPA 704.....	114

## **DEDICATORIAS.**

A nuestros padres que gracias a su incansable apoyo en áreas de que nosotros pudiésemos cumplir uno de los logros más grandes a nivel intelectual y que constituye la mejor herencia que un hijo puede obtener, sin obviar todos sus buenos consejos y mensajes de aliento, que nos permitieron sobreponernos a las grandes dificultades que hemos tenido durante esta hermosa experiencia universitaria. Gracias ellos damos paso a una nueva etapa que sin duda será lo que nos terminará de formar como profesionales:

A Lisseth Sequeira Calero.

A Denis Salazar y Sandra Betanco.

A nuestro tutor Msc. David Cárdenas que nos acompañó en todo el trabajo monográfico durante los momentos más difíciles de la investigación.

A la Msc. Elvira Siles quien fue la precursora e incentivó la iniciativa de desarrollo de propuestas innovadoras.

## **AGRADECIMIENTOS**

El presente trabajo monográfico no hubiese sido posible sin la excelentísima colaboración y ayuda profesional, científica y académica, de los a continuación mencionados asesores académicos. Las palabras quedan cortas a tan sublime apoyo, motivación y energía de las siguientes personas:

En primer lugar al Departamento de Química de la UNAN - Managua, cuya ayuda incondicional hizo posible la realización de las pruebas experimentales, realizadas en su mayoría en los laboratorios del departamento; siempre atentas a las peticiones de materiales, recursos y equipos. Sin duda la investigación no se hubiese desarrollado sin el apoyo de tan honorables personas: Msc. Karina Argüello, Msc. Dania Martín, Br. Kiara Montiel, Br José Luis Prado y Msc. Rosa González. Eternamente agradecidos con estas honorables maestras.

A la Maestra Norma Flores, por la ayuda en la parte científica y técnica, en relación a la reformulación de sustancias capaces de ser compatibles con la mezcla refractaria, por ser la asesora principal de nuestro trabajo monográfico quién nos acompañó continuamente en la investigación de la patente y el trabajo monográfico desde Agosto 2013 hasta la actualidad. Por ser la persona que siempre atendió nuestras consultas y la que mayor tiempo dedicó a la investigación, la persona con cuyos consejos siempre certeros nos sacaba de apuros y siempre respondía a nuestras dudas; por ser más que una maestra por ser nuestra segunda madre, enteramente agradecidos por sus valiosos consejos y regaños de amor.

A la Dirección General de Bomberos por el apoyo académico y el material teórico, orientados en la mitigación y prevención del fuego. En especial al Comandante Salvador Gallo Sub Director General. El cuál nos aclaró varios referentes técnicos en materia de prevención y mitigación de incendios.

Al Msc. Bismarck Santana Director de Vida estudiantil, por animarnos a realizar el trabajo monográfico y su especial apoyo para la gestión universitaria del presente trabajo y la patente.

Al Ing. Job Balladares y el Equipo de Registro y Propiedad Intelectual del MIFIC, quién nos brindó ayuda y soporte en materia de propiedad Industrial y mecanismos avanzados de búsquedas de inventos relacionados a reducción de incendios.

Al Msc. Sergio Ramírez por su ayuda a la culminación de nuestro trabajo monográfico, asesorándonos en la metodología y correcciones en todo el proceso.

Al Msc. Gerardo Mendoza, por sus consejos y colaboración con las gestiones administrativas para el acceso a laboratorios.

## **RESUMEN**

Debido al incremento de los incidentes involucrados a incendios en los establecimientos comerciales de Nicaragua, se desarrolló una serie de propuestas de mitigación y prevención de los incendios causados por recalentamientos de conexiones eléctricas. Actualmente en Nicaragua se registran cerca de 4 incendios por día y de los cuales la mitad de estos son causados por los recalentamientos de las conexiones eléctricas. Se demostró que la combinación de ciertos compuestos químicos pueden favorecer las condiciones para la mitigación y reducción del índice de incendios.

Siguiendo además recomendaciones sobre los materiales utilizados en la construcción de los establecimientos comerciales y la capacidad de estos de resistencias prolongados a exposiciones similares a las registradas en un incendio real. Se registró una resistencia de los elementos estructurales 10 veces mayor a la recomendada en la NFPA 255.

Tomando a consideración además de qué tipo de material se adecua a los establecimientos que almacenan diversos elementos tóxicos, materiales explosivos o altamente inflamables; se planteó una serie de recomendaciones acerca del modelo ideal para almacenes de materiales, el diseño correcto del cielo falso y la aplicación de materiales piroretardantes a las superficies de los elementos estructurales.

## **1. INTRODUCCIÓN.**

Los incendios son un problema para muchos países, donde las personas no toman las medidas necesarias para mitigar sus efectos. En Nicaragua constantemente las personas se ven afectadas en especial aquellas ubicadas en el sector comercial, ya que sus instalaciones en los mercados, son las que presentan las condiciones más idóneas para formar este fenómeno por las grandes cantidades de materiales combustibles. En la actualidad son pocos los países que poseen normas que regulan los materiales de construcción. La norma de referencia en cuanto la resistencia al fuego que pueden ofrecer estos materiales nos lo brinda la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego a través de sus diferentes normas, para garantizar que los materiales de construcciones sean seguras.

En el presente trabajo se comenzará haciendo una descripción de la clasificación que se utiliza en algunos países en materia de la duración que ofrecen los materiales de construcción al ser expuesto al fuego, utilizando parámetros de tiempo y por lo general considerando solo ciertas condiciones de los incendios. El siguiente aspecto que se incorporará al estudio es demostrar la utilidad de las sustancias piroretardantes a la conservación de las propiedades físicas de los materiales. Como sabemos son pocos los materiales que por su propia naturaleza resisten mucho los efectos de la combustión, es necesario dotarlos de un elemento adicional que le confiera esta característica.

Después se hará el planteamiento de la importancia de incorporar parámetros de resistencia al fuego a los materiales, este factor brindará la posibilidad de construir previendo las condiciones necesarias para preservar la seguridad de las personas. Así que se anexará al estudio el método que permitirá manejar de manera adecuada la sustancia piroretardante, ya que para que esta sustancia funcione eficazmente debe de ser utilizados de una forma concreta bajo ciertas condiciones de producción. Por lo que en el estudio se harán las pruebas en incendios simulados, para corroborar la eficiencia de estas sustancias una vez que se aplique a ciertos elementos.

## 1.2 ANTECEDENTES.

El problema de la transferencia de calor entre un sistema y otro no es un planteamiento nuevo, en el siglo II a. C. se registró que el *Imperio Romano* utilizaba asbesto en las armaduras de sus soldados como un material que proporcionara resistencia contra las réplicas de las defensas de los bárbaros, además debido a las propiedades generales de esta sustancia se ha utilizado de forma espontánea hasta que investigaciones demostraron su toxicidad en los seres vivos.

El *Kevlar* un material versátil y de características formidables, es uno de los materiales más representativos en esta materia, proporciona un material con diversas propiedades físicas que permite la aplicación general para distintos productos. El *Kevlar* fue diseñado por la química *Stephanie Kwolek* en 1965 y hasta la fecha se conocen más de 200 aplicaciones diferentes de este material. El *Kevlar* puede soportar los efectos del fuego a una temperatura de 180° C por más de 500 horas.

Por medio de investigaciones de más de tres meses en el rastreo de patentes relacionadas a este tipo de inventos se documentó por medio de la *WONPI* que existen más de 9000 patentes relacionadas con inventos que se encargan de combatir los efectos nocivos del fuego; de estas patentes se ha datado que hay más de 3000 de estas en espera de aprobación y patentes vencidas. Cabe mencionar que las patentes que se registraron en la propiedad intelectual a nivel mundial datan desde la consolidación de las *Patentes de Corso* en el siglo *XXVIII* hasta la fundación del *Derecho Internacional* en la *Declaración de París en 1856*, y las continuas reformas de la *Haya*.

Patente Española Título: Patente de Protección contra Incendio publicada el 24 de Noviembre de 2004 por los inventores Británicos Anthony Green y Sally Leivesley para FLEXIBLAST Pty Ltd., cuya fecha de publicación de la documentación de la patente data el 24 de mayo de 2011, describe un gel acuoso convencional para la protección de estructuras de los efectos nocivos del fuego en contra de las estructuras y su especial aplicación puede proporcionar una vestimenta de seguridad industrial si se combina con capas de aluminio y algodón.

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

Nicaragua al igual que casi todos los países a nivel mundial sufre cuantiosas pérdidas económicas anualmente debido a los efectos producidos por los incendios. Se hace casi imposible decir que se puedan controlar, ya que muchos factores permiten las condiciones para que ellos se generen. En nuestro país según las estadísticas del Benemérito Cuerpo de Bomberos, las fallas eléctricas representan la principal causa por la que se da este problema. Los grandes números de instalaciones que se realizan sin la debida supervisión de un especialista en conexiones eléctricas, facilitan esta situación además de todas aquellas que se hacen de manera ilegal. Aun así, teniendo todas las precauciones en este aspecto siempre se está a la expensa de que algún material inflamable/combustible por cualquiera que sea la causa de inicio a un incendio. Pero en años anteriores incluso con menos efecto ahora, el problema no solo fueron los daños por el fuego sino las afectaciones producidas a la salud de las personas por el amianto, uno de los principales elementos utilizados para elaborar materiales aislantes.

Los efectos de este tipo de sucesos son trágicos para los dueños de establecimientos comerciales. Los problemas económicos hacen que se agudicen a la hora de un siniestro, ya que ello implica perder el trabajo de muchos años, por lo que reparar los daños es un hecho casi imposible para estas personas a menos que se reciba un apoyo gubernamental mediante préstamos a una tasa de interés muy baja. Por eso si no se tiene un buen plan contra incendios todos sus activos físicos se pueden ver reducidos a cenizas, incluso aunque los daños sean menores el costo que representa reparar equipos o adquirir nuevos para continuar las operaciones es muy elevado. En el caso de los aislantes a base de amianto usados de manera muy abundante en décadas pasadas ocasionó la alarma en todo el mundo principalmente donde se concentraban las grandes fábricas, ya que se registraron innumerables enfermedades relacionadas con las afecciones del pulmón, siendo necesaria su eliminación de los más de 3600 productos a base de este elemento aunque aún quedan residuos de ellos principalmente en países poco desarrollados como el nuestro.

Todos estos factores hacen necesarios la presencia de un producto que sea resistente a las altas temperaturas, que minimice los efectos del fuego y que le permita a aquellos que la adquieran sentirse seguros, al saber que tendrán un material que será muy efectivo, además de que no representará un peligro para su salud.

## 1.4 JUSTIFICACIÓN.

Con este estudio se refleja la necesidad de una política más rigurosa en materia de prevención y mitigación de incendios; además, buscar una alternativa, con participación de las instituciones estatales: el MIFIC, El Benemérito Cuerpo de Bomberos, MITRAB, INSS, MTI, MINSA, Alcaldía de Managua y el MARENA; y así diseñar un producto capaz de brindar en caso de probabilidad de este suceso, una protección y reducción del tiempo de ignición de los productos inflamables y combustibles del local, reduciendo las pérdidas económicas asociadas al desarrollo de la combustión dentro de un local. Es iterativo pronunciar el problema que a simple vista no percibe la persona natural, y a veces ignorada por Arquitectos e Ingenieros; se hace énfasis a la fatiga térmica ocasionada por el incendio en las vigas principales de las estructuras de los edificios; que en cuyo valor nominal y por ser de naturaleza un activo, es el recurso de más valía de cualquier entidad comercial que comercialice o produzca un bien o servicio.

Con el estudio se pretende demostrar el comportamiento de ciertas mezclas a la luz del susodicho control ignífugo y se tratará de ajustar lo razonable a las pruebas al rigor de los requerimientos de la NFPA 101, además de tratar de reproducir las pruebas de reducción de la ignición de la UCL 701 y la C.

Los resultados de las pruebas se estudiarán y se incorporaran en un análisis matemático de datos, con el cual se pretende disminuir el sesgo experimental y brindar los resultados que se ajusten al valor real del experimento.

Es imprescindible que además se anexe en el trabajo recomendaciones generales en materia de Seguridad e Higiene Ocupacional, de índole comercial; en cuyo caso estará respaldada por la asesoría contigua del *Benemérito Cuerpo de Bombero de Nicaragua* con recomendaciones profesionales del Ministro *Salvador Gallo* e investigaciones propias; con el fin principal de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos nicaragüenses y evitar que en las épocas de concurrencias masivas, se continúe con el patrón de comportamiento de los incendios en los últimos años.

## **2. OBJETIVOS.**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL.**

- ✓ Proponer la aplicación de sustancias piroretardantes a materiales utilizados como elementos constructivos para la disminución de los riesgos producidos por los incendios en el sector comercial de Nicaragua.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- ✓ Describir los materiales utilizados en la construcción en base a la normativa NFPA de acuerdo a su resistencia térmica.
- ✓ Demostrar la utilidad de los materiales piroretardantes en la conservación de las propiedades físicas de los materiales constructivos.
- ✓ Evaluar la importancia del estudio de la aplicación de esta sustancia para la seguridad del sector comercial.
- ✓ Elaborar el método de aplicación de la sustancia piroretardante a los materiales.

### **3. MARCO REFERENCIAL.**

#### **3.1 MARCO TEÓRICO.**

##### **Propiedades de resistencia térmica de los materiales de construcción.**

Para dar una pequeña introducción a los materiales, comenzaremos con una descripción de materia. Sabemos que todo lo que ocupa un espacio en este universo se considera como materia. Para poderla describir la materia, nos auxiliamos de las cualidades y atributos que ella posee, la cual le confieren un grado de autenticidad (Química General, 2003).

En la naturaleza todos los elementos que encontramos pueden interactuar con otros elementos para formar compuestos (T. L. Brown, 2004). De aquí que se han hecho combinaciones de elementos para mejorar sus propiedades entre ellas la resistencia térmica.

Pero porque la necesidad de que los materiales de construcción sean resistentes al fuego. Definimos fuego como una reacción química en la que se produce la oxidación de compuestos por el oxígeno presente en el aire, de estas reacciones se desprenden grandes cantidades de energía, todo lo referido anteriormente no es más que el proceso de combustión. Los factores que pueden originar este fenómeno son muchos, pueden ser originado por causas mecánicas, químicas, térmicas o eléctricas (Vértice, 2010).

Para realizar una descripción de detallada del comportamiento de los materiales de construcción en cuanto a su capacidad de resistir las altas temperaturas es necesario conocer primero acerca de todos los tipos de aislante térmicos.

El término aislante térmico se refiere a aquellos cuerpos que poseen un coeficiente de conductividad inferior a los niveles de los demás, en cuanto al flujo térmico entre dos o más cuerpos. (Rougeron, 1997). Decir que en la naturaleza exista un cuerpo que posea una capacidad de aislante perfecto no es verdad, ya que siempre va a permitir el paso de cierto flujo térmico. Este concepto lo podemos entender más fácil si sabemos que es la transferencia de calor. “La transferencia de calor es la energía en tránsito debido a una diferencia de temperatura” (Frank P. Incropera, 1999).

Cualesquiera que sean las características específicas de un aislante, el deberá cumplir con ciertas características que garanticen el cumplimiento al que son destinados (Rougeron, Aislamiento Acústico y termico en la construcción, 1997):

1. Que garanticen ser incombustibles o al menos inflamables.
2. Posean una buena resistencia mecánica.
3. Que no propicie la corrosión con los materiales que está en contacto.
4. Estables tanto físico como químicamente.
5. Poseer adecuación a la estructura con la que están unidos, ya sea que necesiten ser rígidos o flexibles.
6. Tengan una buena estética para fines visuales.
7. Deben garantizar que su precio va según su capacidad de aislar.

Los materiales aislantes pueden clasificarse de muchas formas, Rougeron nos da la siguiente clasificación (p. 53):

- a) Según su estructura (granular, fibrosa, alveolar, etc.)
- b) Según su origen (vegetal, mineral, etc.)
- c) Según su resistencia en las diferentes zonas de temperatura.

El principal aporte de este tipo de materiales es la estabilidad contra el fuego. Esto brinda la posibilidad de que pasen sometidos al fuego durante grandes periodos sin sufrir grandes cambios, proporcionando así una ventaja para poder combatir los incendios. Su importancia radica en que el punto de ignición es relativamente alto, por lo que se necesitan una gran cantidad de energía para iniciar un incendio. Por lo tanto estos materiales son capaces de absorber poca energía aunque estén expuestos a fuentes con que emiten grandes cantidades de energía (NFPA, 2003).

Nutsch nos brinda un resumen de la clasificación de los aislantes de acuerdo a sus componentes y sus usos como se muestra a continuación:

Tabla No 1. Descripción de los materiales aislantes inorgánicos que presenta una consistencia porosa.

<b>Materiales Aislantes Inorgánicos</b>				
<b>Clase de material aislante</b>	<b>Densidad bruta Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Componentes y obtención</b>	<b>Propiedades</b>	<b>Aplicación</b>
Vermiculita	100	Restos de mica esponjados por calor	Resistentes al calor, al envejecimiento, los ácidos y las lejías.	Complemento ligero para revestimientos aislantes del fuego.
Perlita expandida	45-90	Roca volcánica silíceo extendida	A prueba de mohos, resistente al envejecimiento, incombustible.	Complemento ligero para solados
Vidrio esponjoso	150	Vidrio esponjado con celdillas cerradas en forma de placas	Incombustible, aislante del calor, estanco a los vapores, resistente a la corrosión y al envejecimiento.	Aislamiento térmico, protección contra la humedad.

Fuente: Wolfgang Nutsch “Tecnología de la madera y del mueble”

Tabla No 2. Descripción de los materiales aislantes inorgánicos que presentan una consistencia fibrosa.

<b>Materiales Aislantes Inorgánicos</b>				
<b>Clase de material aislante</b>	<b>Densidad bruta Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Componentes y obtención</b>	<b>Propiedades</b>	<b>Aplicación</b>
Lana de vidrio, lana mineral y lana de escorias en forma de esteras y fieltros.	20-200	Fibras finas de vidrio y piedra caliza fundidos y marga, escorias de alto horno fundidos, fieltros y placas aglomeradas con resina fenólica. También placas biluminadas o con una lámina de aluminio por una cara	Ligeras, aislantes de calor, insonorizantes, incombustibles, resistentes al envejecimiento y al putrefacción.	Aislantes térmicos y del sonido propagado por el aire para paredes. Cubiertas, tejados, protección contra incendios.
Esteras	300			Aislante térmico y del ruido de las pisadas bajo solados flotantes.
En forma suelta o trenzados.	30			Para relleno de espacios huecos
Placas de amianto	500	Fibras de amianto comprimidas en placas	Incombustibles, aislantes del calor, resistente a la putrefacción.	El amianto es perjudicial para la salud por eso apenas se utiliza.

Fuente: Wolfgang Nutsch “Tecnología de la madera y del mueble”

Tabla No 3. Otros materiales aislantes inorgánicos que presentan una consistencia fibrosa.

<b>Materiales Aislantes Inorgánicos</b>				
<b>Clase de material aislante</b>	<b>Densidad bruta Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Componentes y obtención</b>	<b>Propiedades</b>	<b>Aplicación</b>
Placas de amianto-silicatos	650	Fibra de amianto y cemento especial de silicato	Incombustibles, aislantes del calor, higroscópicas, resistentes a la putrefacción.	El amianto es perjudicial para la salud por eso apenas se utiliza.
Revoque con amianto	100	Revoque especial con fibras de amianto. Aplicación a pistolas de 10-30 mm de espesor, acabado rugoso.		

Fuente: Wolfgang Nutsch “Tecnología de la madera y del mueble”

Tabla No 4. Descripción de materiales aislantes orgánicos con una consistencia porosa

<b>Materiales Aislantes Orgánicos</b>				
<b>Clase de material aislante</b>	<b>Densidad bruta Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Componentes y obtención</b>	<b>Propiedades</b>	<b>Aplicación</b>
Planchas de corcho prensado	100-140	Corcho desmenuzado hinchado por calentamiento y aglutinado sin o con betún o alquitrán.	Aislantes del calor y del sonido, absorbe poca humedad, resistente a la putrefacción.	Aislamiento del sonido de las pisadas y de los cuerpos
Planchas de corcho con alquitrán	150-200			Aislamiento térmico, construcción de cámaras frigoríficas.
Espuma rígida de poliestireno (PS)	15-30	En bloques, planchas o piezas moldeadas, capas aislantes de las placas sándwich.	Inflamable o difícilmente inflamable, estable frente al envejecimiento, resistente frente a la putrefacción, con medida justa.	Aislamiento térmico y del ruido de las pisadas, armada como elemento autoestable en tejados.
Espuma rígida de poliuretano (PUR)	30	En bloques, planchas o piezas moldeadas, como espuma local e canales y bajo tejados.	Aislamiento térmico, con grandes variaciones de temperatura, estable frente al envejecimiento.	Aislamiento térmico.

Fuente: Wolfgang Nutsch “Tecnología de la madera y del mueble”

Tabla No 5. Otros materiales aislantes orgánicos con una consistencia porosa

<b>Materiales Aislantes Orgánicos</b>					
<b>Clase de material aislante</b>	<b>Densidad bruta Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Componentes y obtención</b>	<b>Propiedades</b>	<b>Aplicación</b>	
Espuma rígida de resina fenólica (PH)	30-60	En planchas	Inflamable o difícilmente inflamables, estable frente al envejecimiento, resistente a la putrefacción.	Aislamiento térmico.	
Planchas de celulosa	35	Onduladas con papel especial impregnado de betún, 10-100 mm de espesor, a veces con lamina de aluminio por una cara.	Aislante térmico, combustible, resistente a la putrefacción y a las termitas, estable de forma.	Aislamiento térmico para tejados, paredes, caloríficos, instalaciones de aire acondicionado.	
Caucho celular	Aprox 80	Esteras de caucho con poros cerrados.	Aislante del sonido, resistente a la putrefacción y al enmohecimiento.	Aislamiento de sonidos corporales.	

Fuente: Wolfgang Nutsch "Tecnología de la madera y del mueble"

Tabla No 6. Descripción de materiales aislantes inorgánicas con una consistencia fibrosa

<b>Materiales Aislantes Inorgánicos</b>				
<b>Clase de material aislante</b>	<b>Densidad bruta Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Componentes y obtención</b>	<b>Propiedades</b>	<b>Aplicación</b>
Panchas ligeras de lana de madera: 15 mm 25 mm 35 mm 50 mm 75 mm 100 mm	570 460 445 390 375 360	Fibras largas de lana de madera con aglutinamiento mineral (magnesita, cemento, yeso)	Resistente a la flexión, estables de forma, se trabajan bien, no resistente al tiempo, difícilmente inflamables, aislantes del	Aislante térmico de soporte para revoques de paredes, techos y tejados, revoque como aislante del sonido o paredes ligeras sin revoque para absorción acústica, encofrados perdidos e obras de hormigón armado.
Planchas ligeras de varias capas: De dos capas 15-35mm De tres capas 25-75 mm	90-170 90-200	Planchas de plástico espumado, forrada por uno o los dos lados con planchas ligeras de lana de madera	sonido y del calor, agarra bien el revoque.	
Planchas porosas de fibra de madera	40	Fibras de madera aglomeradas con resina sintética en forma de planchas, con betún o sin betún.	Ligeras, aislantes del calor, absorbentes del sonido, resistentes a las pisadas.	Aislamiento térmico de techos y tejados biluminados para suelos secos, placas acústicas.

Fuente: Wolfgang Nutsch “Tecnología de la madera y del mueble”

Tabla No 7. Otros materiales aislantes inorgánicos con una consistencia fibrosa.

<b>Materiales Aislantes Inorgánicos</b>				
<b>Clase de material aislante</b>	<b>Densidad bruta Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Componentes y obtención</b>	<b>Propiedades</b>	<b>Aplicación</b>
Placas de turba impregnadas.	220	Turba prensada y con betún.	Aislantes del calor, resistentes a las pisadas	Capas aislantes del calor y del sonido de las pisadas bajo solados flotantes, amortiguamiento de vibraciones
Fieltro embetunado  Fieltro de corcho embetunado	500  200	Fibras vegetales y animales impregnadas de betún en tiras con espesor de 0.8 a 4 mm, con inclusión de corcho de 5 a 12 mm de espesor.	Aislantes del calor y de los sonidos corporales, resistente a la putrefacción.	Aislamiento del sonido de las pisadas bajo solados, aislamientos térmicos, juntas de dilatación en estructuras elevadas y profundidades.

Fuente: Wolfgang Nutsch "Tecnología de la madera y del mueble"

Los elementos constructivos tienen que presentar ciertas características de resistencia térmica y estabilidad contra el fuego para brindar mayor seguridad. Cuando se analiza la resistencia al fuego, se tienen que tomar dos consideraciones; la primera es la capacidad de una sección a mantener la integridad estructural en una edificación y la segunda es la disposición de ciertos elementos (muros, pilares o techos) de servir como barreras contra el fuego.

Para la determinación de la resistencia al fuego se utilizan prototipos que se someten a pruebas normalizadas, las cuales muestran el tiempo (minutos) que soporta expuesto al fuego (Miravete, 2003).

El hacer que los materiales de construcción presenten resistencia a los efectos del fuego estamos contribuyendo a mejorar los medios para proteger a las personas, este aspecto contribuye a que la propagación no sea rápida y que brinde el chance a las personas para poderse evacuar, siendo esto un sistema pasivo de protección contra incendios (Cortes, 2008).

Sabemos que la forma en que se desarrolla un incendio y la gravedad de los daños dependen mucho del material constructivo utilizado. Es por eso que el grado de reacción al fuego debe de ser muy bajo para mitigar los efectos de este. Países europeos como España utilizan la norma UNE 23727:1990 para clasificar los materiales constructivos (Rodríguez, 2008).

La resistencia al fuego de un material de construcción le permite presentar las siguientes características: la capacidad de cumplir con el uso al cual fue destinado el material, ser un medio de estanqueidad que ayude a reducir la propagación de humos y gases. Otra característica presente por la resistencia al fuego es la resistencia térmica, que ayuda a las caras no expuestas no se produzcan temperaturas elevadas que propicien el incremento del incendio y por último la capacidad de no emitir gases al momento de la combustión, ya que algunos son combustibles ocasionando el agravio del siniestro (Rodríguez, 2008).

### **Construcción de edificios.**

A inicios las especificaciones para codificar el grado de seguridad, se hacía con una clasificación muy sencilla, “ignífugo” y “no ignífugo”, término que ya no se utiliza por que no existen materiales que cumplan a totalidad esto, más bien se nombran como materiales resistentes al fuego. La Norma Sobre Diversos Tipos de Construcciones de Edificios (NFPA 220), es la encargada de realizar la clasificación de los tipos básicos de construcción. La NFPA y la ICC

(Consejo Internacional para los Códigos) actualmente tienen su derivación de los códigos de construcción, el cual se ha realizado de la combinación de ambos, las diez clasificaciones de la NFPA y las nueve de la ICC. Estas clasificaciones son cinco: (I) resistente al fuego, (II) incombustible, (III) común (exterior protegido), (IV) madera pesada y (V) armazón de madera.

Para la estandarización de esta clasificación básica de resistencia al fuego, el Consejo para la Normalización de los Códigos (MCSC) formuló su representación, la cual además de llevar el número correspondiente a las cinco clasificaciones contiene tres dígitos.

El primer dígito representa la demanda de un muro que comunica con el exterior (calles o entre dos terrenos) de resistencia al fuego en horas. El segundo dígito es la cantidad de horas que la armazón estructural de columnas y vigas maestras que soporten pisos, deben resistir ante los incendios.

Por último el tercer dígito, lo que los pisos deben de ofrecer de resistencia. De manera, que con ello se tenga la seguridad que las partes importante de una construcción cuidará la integridad de los ocupantes (NFPA, 2003, pag.432-437).

La clasificación de los tipos de edificios fue terminada en 1974 una vez que se incorporaron todas las consideraciones hechas por la MCSC, pero fue hasta el año de 1980 que se lograron hacer clasificaciones que tenían más aceptación. La terminología usada para comprender el funcionamiento de los tipos de construcciones de edificios es la resistencia al fuego, materiales incombustibles y materiales de combustibilidad limitada. La resistencia al fuego es realizada por medio de la norma NFPA 251, donde se describen los métodos normalizados de prueba de resistencia al fuego materiales de construcción de edificios. Los materiales incombustibles son medidos mediante la norma ASTM E136, en cuanto a la capacidad de no incendiarse, quemarse o liberar vapores inflamables. Por último los materiales de combustibilidad limitada, que presentan la peculiar característica que su valor potencial calorífico no excede los 8141 KJ/Kg, valores que se determinan con la norma NFPA 259, “Métodos normalizados de prueba de potencial calorífico de los materiales de construcción” (NFPA, 2003).

Una vez comprendidas todas estas terminologías haremos una descripción de todas las clasificaciones de los edificios de acuerdo a su resistencia al fuego planteadas en el Manual de Protección Contra Incendios de la NFPA.

**Construcción Tipo I:** el primer nombre con que se conoció fue la de resistente al fuego. Los materiales que componen sus partes estructurales son incombustibles y presentan una resistencia al fuego Tipo I (443) y Tipo I (332). La recomendación de usar estos dos tipos de resistencia es debido ofrece una buena protección para aquellos locales donde se encuentren materiales combustibles a niveles bajos o moderados. Si por necesidad estos locales se destinan a albergar materiales que aporten cargas de fuego más elevadas, entonces se deben de incorporar medios de extinción manual por cualquier incidente que se pueda registrar. Algunos códigos han intentado hacer sus propias reglamentaciones para poder llevar a cabo la combinación de materiales con contenido combustibles y características de combustibilidad con valores bajos, por eso es mejor realizar desde un comienzo las recomendaciones en cuanto a cuales van a ser los uso específicos del local y materiales combustibles que podrán ser alojados.

**Construcción Tipo II:** el primer nombre que se le dio a este tipo de construcción fue de incombustible. Todos los materiales que componen estas construcciones incorporan materiales incombustibles o para algunos casos combustibilidad limitada. Típicamente brinda protección de dos horas [Tipo II (222)], una hora [Tipo II (111)] y el tipo de construcción que no incorpora ninguna protección [Tipo II (000)]. Los locales destinados para ser utilizados como residenciales, educativas, institucionales u oficinas para reuniones, se recomienda utilizar este tipo de construcción, sin que sea necesario aplicar otras medidas para proteger contra un eventual incendio. De manera análoga si en estos locales se encuentran albergadas grandes cantidades de materiales con una alta carga de fuego hará necesario que se equipen las instalaciones con medios de extinción automática en caso de presentarse un siniestro.

**Construcción Tipo III:** nombrada antes como construcción exterior combustible protegida, presenta la peculiaridad que todos sus elementos o una parte de ellos son materiales combustibles. La exigencia que debe de cumplir este tipo de construcción es que las paredes exteriores deben de ser materiales incombustible o de combustibilidad limitada. En la construcción Tipo II encontramos dos subclasificaciones, la primera que es un tipo de construcción protegida presenta una resistencia de 1 hora frente al fuego la planta del edificio así como sus elementos estructurales, el segundo tipo de construcción sin protección prácticamente esta desprovista de cualquier parámetro de resistencia.

**Construcción Tipo IV:** su nombre antes de la nueva clasificación era construcción de madera pesada. Todos los elementos prácticamente son de madera algunas de forma sólida y otras laminadas. La NFPA nos brinda todas las especificaciones con que deben contar los elementos de este tipo de construcción. Además se pueden anexar a las paredes tanto interiores como exteriores materiales incombustibles o de combustibilidad limitada. El principio de la madera pesada para protección contra el fuego es que debido a su gran masa, las partes de madera no quemada sirven para dar soporte a la estructura, al protegerse por una capa de carbón que se forma del resto de madera incendiada.

**Construcción Tipo V:** fue nombrado armazón de madera antes de la nueva clasificación. Los elementos estructurales son completamente de madera, pero por razones de seguridad cuando estos elementos estén muy separados, se tiene que incorporar paredes exteriores resistentes al fuego. De todos los tipos de construcción esta es la más vulnerable.

Esta desventaja hace necesario prestar mucha atención a ciertas divisiones que se podrían hacer resistente al fuego para reforzar la seguridad. Este tipo de construcción también tiene su subclasificación, la primera que brinda una protección de una hora [Tipo V (111)] y la segunda que no tiene protección [Tipo V (000)].

**Tipos de Construcción Mixta:** se puede hacer combinación de cualquiera de los tipos de construcción anterior, únicamente al tipo de construcción menos resísete al fuego se le aplicará las restricciones de altura, ocupación y área. Si entre ambos tipos de construcción se construyen muros cortafuegos, de acuerdo a los establecido en la NFA 221 “Normas sobre muros cortafuego y tabique cortafuego” entonces ya no se considerará una construcción tipo mixta, sino serán independientes.

### **Utilidad de los materiales pirorretardantes en la conservación de las propiedades físicas de los materiales constructivos.**

A nivel mundial se registró más de 10 billones de pérdidas económicas en consecuencia de la deformación plástica de las vigas estructurales en los edificios. Sólo en Estados Unidos se obtuvieron perdidas en el periodo entre 2008-2010 de más de 1,356 billones de dólares y en el Japón en el mismo periodo se registraron cerca de más de 2,12 billones de dólares causados por incendios equivalente a 0.12% de su PIB, algunos de los mecanismos tradicionales de mitigación

de incendios fallan, se registra que cerca del 42% de las alarmas son falsas causando costos que rondan en estos dos países 100 millones de dólares causados en atención de falsas alarmas en los establecimientos comerciales. (GENEVA, 2013)

La aplicación de materiales pirorretardantes produjo una disminución de aproximadamente 12-37% de los costos asociados y evito la propagación de incendios en un 45%. Además el uso de sustancias pirorretardantes reducen la producción de humo en un 85% que son las causas del 91% de las muertes registradas. (GENEVA, 2013)

La mayoría de estos grandes incendios tienen un costo altísimo para la sociedad. Muchas fuentes en Venezuela han estimado el costo de reconstrucción de la Torre Este en Caracas en US \$250 millones, lo cual no parece demasiado en comparación con la reconstrucción de las Torres Gemelas estimada en unos US \$10.000 millones. Lo que se debe tener en cuenta es que la economía de los Estados Unidos es 100 veces más grande que la economía Venezolana, o sea que el impacto monetario directo sobre la economía local es 2.5 veces más alto en el incidente de Caracas que en el incidente del 11 de Septiembre. El Dr. José Torero, profesor peruano de ingeniería de incendios en la Universidad de Edimburgo, por quien tengo el más alto respeto y admiración y quien es un estudioso de la problemática de incendios en Latinoamérica, ha dicho que aunque en Latinoamérica no existen estadísticas confiables cree que las pérdidas por incendios, como un porcentaje del Producto Interno Bruto, son generalmente más altas en Latinoamérica que en EE.UU.” (NFPA, 2015)

### **Importancia de la aplicación de sustancias pirorretardantes a los elementos constructivos para la seguridad en el sector comercial en casos de incendios.**

La incorporación de ciertos parámetros en el diseño y construcción de edificaciones, en materia de su resistencia a los incendios se ha incrementado en las últimas décadas. El objetivo de estos avances en materia protección contra el fuego en la construcción de edificios es reducir sus efectos, que en la historia podemos citar algunos que han dejado grandes pérdidas sobre todo, en cuanto a la vida humana. El siniestro que más vidas cobro fue el ocurrido en La Iglesia Kanungu (Uganda) en Marzo del 2000 con 530 muertos, otro de mucha relevancia se desarrolló en el supermercado Ycua Bolaños (Asunción, Buenos Aires) con 428 muertos en Agosto del 2004, entre otros varios ocurridos a lo largo de la historia (NFPA, 2003).

El enfoque de que las personas encargadas de llevar a cabo el diseño de un edificio, es que hagan conciencia en que no puede crear riesgos innecesarios a las personas ocupantes de estos, por desconocer los fundamentos de los diseños de edificios seguros contra incendios. Ahora los encargados de llevar a cabo estas edificaciones no pueden argumentar el desconocimiento de parámetros que se pueden incorporar en la construcción para brindar seguridad a las personas. No es una tarea fácil para los encargados de los diseños por que se tienen que analizar muchas variables. Se puede incorporar tres métodos para los diseños de edificios seguros contra el fuego, el primero que exige que se ajuste el diseño y construcción a las especificaciones de los códigos y normas de la construcción, el segundo método plantea que se incorporen solamente aquellos que han presentado un buen desempeño de acuerdo a mediciones que ayudan a superar la rigidez de los códigos ya establecidos y el ultimo método plantea el utilizar el enfoque de sistema con el cual se pueda hacer usos de diferentes estrategias que ayuden a cumplir con brindar seguridad a las personas ante un incendio (NFPA, 2003).

La normativa que incorpora todas las estrategias que sirven tanto a los arquitectos como a los ingenieros a manejar los conceptos de protección de los edificios contra el fuego es la NFPA 550, en la cual se hace uso del árbol de decisiones de protección contra incendios para esquematizar la relación existente entre la protección contra incendios y las estrategias de control de daños por incendios. La eficacia de hacer uso de este esquema depende del cumplimiento a cabalidad de cada uno de los niveles que lo componen. El énfasis de la protección que presente un edificio al momento radica en 5 aspectos como lo plantea el manual de la NFPA:

**Protección de la vida:** es el recurso más valioso que puede estar contenido en un edificio y los encargados de realizar estas obras deben de analizar todas las características físicas como psicológicas de las personas además del nivel de actividad para incorporar las estrategias que puedan resguardar la vida.

**Protección de la propiedad:** conocer la valía de los materiales que serán guardados en un edificio ayuda a incorporar estrategias de prevención de incendios y así garantizar su resguardo.

**Continuidad de operación:** un análisis de aquellos servicios que sirven para la operación de un edificio viene a ser de importancia en las estrategias de prevención de incendios, ya que el diseño asegurara que se mantengan en condiciones adecuadas para su funcionamiento después de un siniestro.

Protección ambiental: es necesario tomar las medidas para que ciertos contaminantes químicos al momento que ocurra un incendio, tengan un contacto mínimo con el medio ambiente.

Conservación del patrimonio histórico: los encargados del cuidado de obras valiosas de un país, tienen que asegurar que al momento que se presente un incendio sea mínimo el daño que estas puedan sufrir.

Neira plantea los siguientes objetivos de la seguridad contra incendios: permitir reducir el riesgo de que se origine un incendio, prevenir que se propaguen factores como el fuego y el humo, facilitar la extinción del fuego, garantizar que las personas sean evacuadas sin sufrir ningún percance y que pueda permitir a los bomberos y personal de emergencia para poder operar con tranquilidad y cumplir sus funciones con eficiencia (Instalaciones de Protección Contra Incendios, 2008).

Cuando se trabaja los diseños dirigidos a brindar protección contra incendios, es necesario hacer uso del enfoque sistemático, para así trabajar un conjunto de estrategias que aseguren el cumplimiento de este. Las estrategias que se plantean en el manual de la NFPA son las siguientes:

Prevención de la ignición: Todo debe de comenzar con la prevención, es por eso la necesidad de estar consiente de cuáles son las fuentes de calor que se alberga en un local y aquellas que son agentes incendiarios. Para reforzar la estrategia de prevención se tiene también que hacer un análisis detallado de todos aquellos equipos y componentes no incorporados como estructurales, para prevenir cualquier anomalía que pudiese dar lugar a un incendio.

Control del impacto del incendio: decir que podemos eliminar completamente la ocurrencia de incendio en un edificio es falso. Los planes diseñados de protección del incendio deben de asegurar que se va a controlar el incendio en sí o se va a reducir la cantidad de material que pudiese estar expuesto al fuego, para que el impacto no se grande.

Control del proceso de combustión: poder manejar la combustión permitirá a las personas encargadas de controlar los incendios, aplicar otras estrategias que reducirán los daños significativamente. Además se evitara las grandes cantidades de gases y humos, que como sabemos son los que causan la mayor parte de las pérdidas humanas.

## **¿Cómo se deben hacer las edificaciones para brindar seguridad al momento de un incendio?**

Lo primero que debemos de realizar al momento de planificar una construcción es realizar un análisis para identificar todos los parámetros que se incorporarán al diseño, así se podrá planificar tanto a lo interno como a lo externo, aquellos aspectos que vendrán a reforzar el sistema de prevención contra incendios. Así una vez que se tengan claro los objetivos de seguridad contra incendios se podrá trabajar desde el diseño hasta la construcción en función de brindar seguridad a los ocupantes de una edificación. Lo importante de estos edificios es que no sean muy dependientes de la extinción manual de un incendio sino que sean capaces de autoprotgerse, además la relación que debe existir entre el edificio y el terreno tiene que ser buena para que las labores de los bomberos sean desarrolladas sin inconvenientes y poder cumplir con sus funciones (NFPA, 2003).

### **Protección Contra incendios de los elementos de un edificio.**

La protección en un edificio se da por dos sencillas razones. La primera evitar la propagación del incendio, ya sea en el interior del edificio o de un área exterior hacia el edificio y la segunda, si por la gravedad del incendio no se puede evitar, asegurarse que los elementos del edificio serán capaces de soportar la estructura (NFPA, 2003).

En un edificio encontramos dos tipos de elemento, los portantes que son los que sostienen grandes cargas además de su propio peso y los no portantes, que soportan cargas ligeras más su propio peso. Durante los incendios el calor provoca tensiones térmicas, que si no son compensadas con alguna resistencia estas se deflexionan e incluso se destruyen provocando los colapsos estructurales (NFPA, 2003).

Plantaremos los elementos que están presente en un edificio de acuerdo a lo expuesto por la Agencia Nacional de Protección contra Incendios (NFPA). Los elementos que tenemos presenten son:

Columnas: se encargan de que las cargas del edificio sean transferidas hacia los cimientos, donde estas cargas se distribuyen sobre el suelo. Estas son hechas de acero, hormigón sin son construcciones incombustibles o madera para construcciones combustibles.

Paredes: se pueden utilizar para soportar carga o no llevar ninguna, tanto a lo interno como a lo externo.

Las paredes están dispuestas según su uso, entre ellas encontramos los muros de carga, pared de cavidad interior, muro de cortina, pared exterior, muro revestido, tabique cortafuegos, muro cortafuegos, etc.

Muros exteriores: su función principal es el de brindar al interior del edificio protección del calor, del frío, agua, viento y el polvo. La NFPA 80<sup>a</sup> nos brinda los métodos para proteger los edificios que se encuentran expuestos a fuegos exteriores, así se podrán establecer la combinación de distancia de separación y resistencia al fuego.

Muros de cargas exteriores: los materiales que más lleva este elemento es piedra, ladrillo o bloques de hormigón. Las combinaciones pueden ser diversas, algunas veces se usa el ladrillo con paredes de entramado de madera o metálica y en otros los muros exteriores de hormigón no se les utiliza para soportar cargas.

Vigas de celosía de transmisión: se utilizan para darle un espacio libre al piso inferior, ya que estas se encargan de soportar las cargas. La ventaja que aportan es la construcción de grandes áreas sin necesidad de columnas, por ejemplo para auditorios, salones, etc. Para contrarrestar los efectos del fuego en estas vigas se necesitan proveer a cada una de un recubrimiento.

Conjuntos piso/techo: es de mucha importancia que al momento de un incendio se protejan los elementos estructurales, es por eso que los elementos que se encuentra por encima del cielo raso deben de ser protegidos, para no ser dañados. Algunos cielos rasos presentan grandes resistencia a las altas temperaturas. Los diseños de este tipo de techo colgante son muchos, por lo que se debe considerar cual es el óptimo para la edificación.

### **Acabados interiores.**

Para que los planes de protección contra incendios sean muy efectivos, los incendios se tienen que reducir lo más que se puedan. La protección de las paredes y techos interiores reducen considerablemente el desarrollo de un incendio. Estos acabados están reglamentados por la NFPA 101 “Código de seguridad humana”.

## **Origen de los incendios en Edificios**

La oportunidad de alcanzar la seguridad contra incendio en un edificio es a través de la prevención del incendio, que involucra la separación de fuentes potenciales de calor de los combustibles potenciales. La Tabla 9 relaciona los factores comunes en la prevención de incendios e identifica las principales fuentes posibles de calor y materiales incendiarios, factores comunes que los unen, y prácticas que pueden afectar el éxito de la prevención.

La mayoría de incendios de edificios se inician por fuentes de calor y materiales incendiarios traídos al edificio; pero que no son parte de la construcción. Esto significa que el diseño del edificio, desde el punto de vista del arquitecto y el constructor, tiene influencia limitada en las experiencias de incendios futuras. Los propietarios, administradores y ocupantes del edificio sin embargo, tendrán numerosas oportunidades de reducir los riesgos de incendio por medio de la prevención, y se les debe urgir para que lo hagan.

Para efectos del diseño, la prevención de incendios se realiza con el cumplimiento cuidadoso de los códigos y normas en el diseño e instalación de los sistemas de electricidad y alumbrado, calefacción u otros equipos grandes incorporados, como los de cocina, refrigeración, aire acondicionado y de lavado y secado de ropas. Los sistemas de ventilación necesitan ser diseñados cuidadosamente para llevar el monóxido de carbono y combustibles potenciales por vías protegidas. Estos sistemas de ventilación deben inspeccionarse y despejarse con regularidad.

La protección contra incendios por rayos y exposición afecta el diseño exterior del edificio, especialmente en ciertas regiones del país, como las que están cerca de zonas forestales.

Un incendio en un edificio crea un peligro externo para las estructuras vecinas al exponer esas estructuras al calor y radiación, y posiblemente a corrientes convectivas, lo mismo que al peligro de tizones incendiarios. Cualquiera de estas fuentes de transferencia de calor puede ser suficiente para incendiar la estructura expuesta a sus contenidos.

Al contemplar la protección contra exposición de incendios, hay dos tipos básicos de condiciones: (1) exposición a radiación horizontal,

Y (2) exposición a llamas que salen del techo o parte superior de un edificio incendiado en casos donde el edificio expuesto es más alto que el edificio incendiado.

La exposición a la radiación puede deberse a las llamas que salen por las ventanas del edificio-incendiado) o por las llamas de la fachada incendiada. La NFPA 80 A, *Recommended Practice for Protection of Buildings from Exterior Fire Exposures*, ofrece una guía y datos sobre protección contra exposiciones. (NFPA, 2003)

Dentro del edificio, las características de diseño pueden hacer más o menos probables los riesgos de incendios premeditados u otros incendios causados por personas al hacer más fáciles o difíciles los trabajos de limpieza y seguridad. La interacción del diseño con estas actividades de apoyo críticas deberá considerarse cuidadosamente y planearse en el diseño desde el principio. (NFPA, 2003)

<b>TABLA No 8 Factores de la prevención de incendios</b>
1. Fuentes de calor
a. Equipos fijos
b. Equipos portátiles
c. Sopletes y otras herramientas
d. Elementos de fumar y encendedores
e. Explosivos
f. Causas naturales
g. Exposición a otros incendios
2. Formas y tipos de materiales incendiarios
a. Materiales de construcción
b. Acabados interiores y exteriores
c. Contenidos y muebles
d. Basura, pelusa y polvo
e. Equipos o gases combustibles o inflamables
f. Sólidos volátiles
3. Factores que juntan los materiales incendiarios y el calor

a. Incendio premeditado
b. Mal uso de la fuente de calor
c. Mal uso del material incendiario
d. Falla mecánica o eléctrica
e. Deficiencia de diseño, construcción o instalación
g. Causas naturales
h. Exposiciones
4. Prácticas que pueden afectar el éxito de la prevención
a. Limpieza
b. Seguridad
c. Educación de los ocupantes
d. Control de tipo, cantidad y distribución de combustibles
e. Control de las fuentes de calor

Fuente: National Fire Protection Association

Las leyes físicas de medición a escala del incendio, más ampliamente usadas se conocen como "modelización de Froude", la cual es aplicable a los flujos de flotabilidad asociados con los incendios. La modelización Froude requiere que se mantenga la relación entre las fuerzas de flotabilidad y de inercia. El número de Froude,  $Fr$ , puede expresarse como:

$$Fr \sim Q^{2/5} / D \sim V \sqrt{D}$$

Donde  $Q$  es la tasa de calor liberado por el incendio,  $D$  es la escala física del experimento y  $V$  la velocidad característica. Por lo tanto, si se quiere realizar un experimento a mitad de la escala, la liberación de calor debe reducirse al 18% de la escala real de liberación de calor, para mantener el mismo número  $Fr$  asegurando así la escala de las velocidades de flujo en ubicaciones geoméricamente similares, en los modelos a mitad de la escala y a escala real. La escala de las velocidades es equivalente a la raíz cuadrada de la escala a  $Fr$  constante (NFPA, 2003).

## Modelos por Determinación del Incendio

Los modelos por determinación del incendio pueden ir desde correlaciones simples de una línea de datos hasta modelos altamente complejos que requieren muchas horas de computo utilizando computadores centrales. El aspecto que unifica a todos estos modelos es que el rumbo del incendio está fijado por las variables que establecen el ambiente en el cual este ocurre. Las condiciones físicas que determinan el progreso y el resultado de los incendios conocen como el escenario de incendio. El escenario de incendio incluye los combustibles involucrados, la distribución de los combustibles, las características de la edificación y sus sistemas de protección contra incendios, la localización de la ignición, la ubicación y capacidades de los ocupantes y todas las demás variables que afectan el resultado del incendio. Por consiguiente, para todos los modelos por determinación del incendio, la formulación del escenario de incendio es de importancia crítica. Un ejemplo de un modelo matemático muy simple es una ecuación que describe la relación mostrada en la Figura 1. (NFPA, 2003)

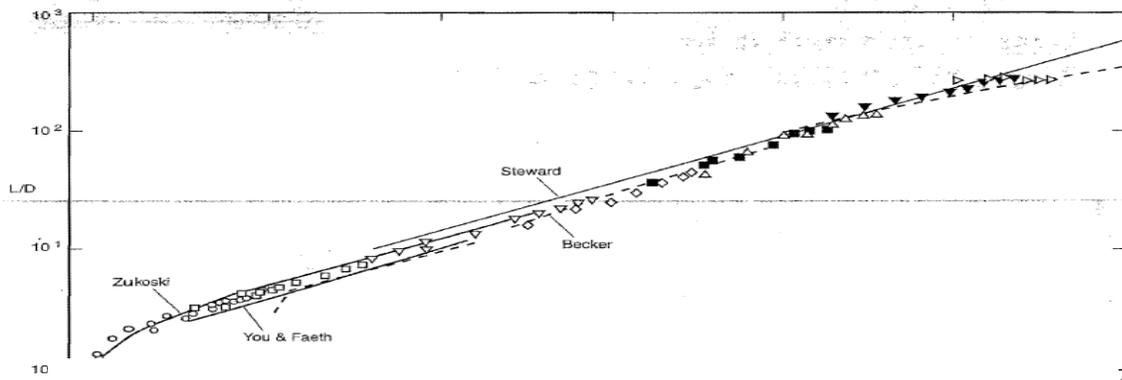


Figura 1. Modelo matemático de relación Fuente: NFPA

$$L/D = 0,2 (Q^{2/5} / D)$$

Donde las unidades de longitud están en metros y la tasa de liberación de calor es en kW. (Para las Unidades Usuales de los E.UA, 1 m = 39,37 pulgadas; 1 kW = 1655 Btu/s.) Esta ecuación es el resultado de aplicar los principios de modelización de Froude. Hay disponibles otras ecuaciones que son aplicables a valores todavía más bajos de  $L/D$ . (NFPA, 2003)

$$V \sim \sqrt{D}$$

La modelización de Froude ha sido utilizada exitosamente para comprender los flujos del penacho, los flujos de las llamas que alcanzan el cielo raso y las alturas de las llamas. Los

modelos de correlación de altura de la llama basados en la modelización de Froude han sido exitosos en una amplia gama de escalas físicas. (NFPA, 2003)

La altura de la llama en relación con el diámetro de la fuente del incendio,  $UD$ , se muestra como una función de  $Fr$ . La correlación es exitosa sobre 12 décadas de  $Fr$  lo que representa una gama asombrosamente alta de aplicabilidad para cualquier correlación del modelo. (NFPA, 2003)

Como los diferentes fenómenos del incendio tienen escalas diferentes, generalmente no es posible estudiar situaciones complejas del incendio en pequeña escala. Esto limita el uso de los principios de modelización a escala. Es especialmente difícil representar al mismo tiempo la escala de flujos de convección y la radiación. (NFPA, 2003)

### **Modelo de Zona de Incendio**

El ambiente del incendio en un cuarto es bastante complejo. Se han logrado aclaraciones importantes sobre el comportamiento del incendio por medio de una simple construcción conceptual llamada modelización por zona. En esencia, un modelo por zona asume que el compartimiento puede idealizarse y componerse de dos regiones: (1) una región superior, llena de gases calientes de combustión y, (2) una región inferior, llena de aire esencialmente frío. Cada región o zona es idealizada para que tenga temperaturas y concentraciones de gas uniformes. El plano que divide las dos zonas es la interface de la capa caliente que puede moverse verticalmente durante un incendio.

**Ignición.** Tanto la ignición mediante llama piloto como, las cuales se deben al calentamiento por radiación, pueden ser aproximadas y si se conoce la temperatura de ignición, pueden utilizarse datos del ensayo de ignición a pequeña escala (ASTM 1354).

**Propagación de la Llama.** Recientemente la modelización de la propagación de la llama sobre interiores ha sido un área muy activa en el desarrollo del modelo. Los modelos de propagación de la llama utilizan el de datos provenientes de ensayos a pequeña escala, tales como el calorímetro de cono y el aparato LIFT para predecir la propagación de la llama y, la tasa de liberación de calor en incendios que ocurren en muros y esquinas. Estos modelos están comenzando a ser incorporados como submodelos dentro de los modelos de incendio por zona. Se espera que los conceptos desarrollados en este trabajo se utilicen para enfrentar los problemas

más difíciles de propagación de la llama y la predicción de la tasa de liberación de calor para artículos individuales combustibles.

### **Efectos del Compartimiento**

*Balance de energía.* Las aproximaciones tipo zona están siendo mejoradas con la inclusión de los penachos de las llamas que alcanzan el cielo raso, como subzonas. Puede calcularse el calentamiento de un cielo raso en las inmediaciones de una llama o penacho. Pueden estimarse los niveles aumentados de radiación pero no es posible predecir el efecto general sobre el comportamiento sobre el incendio.

*Muros y esquinas.* Los métodos actuales utilizados para aproximar el impacto de los muros y esquinas sobre los penachos, las alturas de las llamas y las llamas que alcanzan el cielo raso, son sospechosos. Es necesario trabajar en el desarrollo de algunos modelos antes que estos submodelos puedan mejorarse sensiblemente.

*Agotamiento del oxígeno.* Actualmente se trata utilizando la heurística junto con un índice limitado de oxígeno para la tasa de liberación de energía.

### **Interacción Humana.**

*Visibilidad.* Los datos experimentales limitados sobre la visibilidad, unidos a las mediciones de la concentración de humo de producción constante a pequeña escala y a las mediciones ópticas de la propiedad, permiten obtener unas estimaciones aproximadas de la visibilidad de los seres humanos en el humo. Utilizando los resultados de los modelos por computador para el humo, la profundidad de la capa y las propiedades del humo, pueden hacerse estimaciones aproximadas sobre la visibilidad. (NFPA, 2003)

*Temperatura/Radiación.* Los efectos del calor y la radiación pueden estimarse utilizando datos empíricos de soporte de vida de los seres humanos. (NFPA, 2003)

*Toxicidad.* Los efectos tóxicos de la reducción de CO, CO<sub>2</sub>, HCN y de oxígeno pueden predecirse de manera razonable utilizando enfoques de modelización de gas-N. Los efectos de gases tales como el HCl, HF o el HBr pueden ser estimados, pero con un nivel inferior de (Miravete, 2003) confianza. Los métodos de bioensayo pueden usarse para bloquear los llamados

productos de papel tóxicos por el incendio, cuando se sospecha su existencia. Es posible la aplicación legítima de modelos a problemas que están fuera del rango relativamente reducido que se discutió anteriormente, lo cual ocurre con frecuencia. Si los resultados de los cálculos no requieren gran exactitud (por ej.,  $\pm 50$  por ciento), la física importante del problema se refleja en el modelo y/o los resultados son empleados para propósitos comparativos de aproximación, estas herramientas pueden usarse de manera aproximada en un rango más amplio de problemas. (NFPA, 2003)

### **Aceptación**

La tendencia hacia un aumento de la aceptación de los resultados que han sido predichos para resolver las preguntas sobre seguridad contra incendios continúan y probablemente se acelerará (NFPA, 2003)

Una década de progreso continuo en la modelización, junto con el incremento en la cantidad de estudios de aplicación publicados en el *NFPA Journal* y en otra literatura sobre incendios ampliamente, ha llevado a un enfoque más abierto del tema por parte de los oficiales de construcción y de incendios. (NFPA, 2003)

El progreso relacionado con la integración de estos métodos dentro del diseño de las instalaciones es más problemático. (NFPA, 2003)

### **Validación**

Se han emprendido numerosos estudios de validación sobre los modelos del incendio por computador. La gran mayoría se han hecho en compartimientos relativamente pequeños (9,3 m<sup>2</sup> (100 pies<sup>2</sup>)) con fuentes de incendio bien definidas (cunas, incendios de charco o quemadores de gas). En general, el mejor acuerdo que puede esperarse es  $\pm 20$  por ciento en términos de la temperatura y profundidad de la capa de humo. (NFPA, 2003)

Es poco probable dadas las realidades de financiación y de prioridades, que cualquier validación sistemática significativa y completa se realizará alguna vez sobre cualquier modelo. Se puede argumentar que una validación completa es un objetivo poco práctico. Establecido esto, los modelos serán evaluados y los resultados serán aceptados dentro de un marco de tiempo de

evolución relativamente lenta. Es obvia la obligación que esta falta de validación independiente, pone sobre los usuarios y las autoridades que aprueban los modelos. Debe prestarse especial atención para poder utilizar estos programas dentro de sus límites establecidos y, tal vez más importantes aun, para buscar los datos experimentales para casos similares al problema que está siendo evaluado. La falta de estudios de validación no debe tomarse como fundamento para rechazar la utilización o los resultados de un modelo en cualquier caso particular. El panorama de la validación puede mejorar dramáticamente, si se aclarara que la falta de estos estudios era una barrera significativa para un uso más generalizado. (NFPA, 2003)

### **Ensayo de Inflamabilidad del Material**

El desarrollo de los métodos de ensayo de incendios a pequeña escala, el cual en principio permite la extrapolación de los resultados a "incendios reales", fue esencial para el desarrollo de la modelización. Algunos de estos métodos de ensayo han sido normalizados por la ASTM y la NFPA. Los datos de entrada requeridos por los modelos, los cuales describen el comportamiento de la combustión, la tasa de liberación de energía, las propiedades del humo y los productos del gas de combustión generados por los materiales, provienen principalmente de estos métodos de ensayo a pequeña escala. Se espera que aumente la disponibilidad de estos datos para un rango más amplio de productos y materiales. La disponibilidad se acelerara dramáticamente si se hace referencia a estos métodos de ensayo en los códigos de construcción y en las normas de incendios en lugar o junto con los métodos más tradicionales. (NFPA, 2003)

La protección de una superficie al fuego y calor excesivo por recubrimiento con una composición protectora comprende una pintura intumescente, fibra de vidrio y una capa protectora que comprende una lámina flexible, conformable y cuya superficie de la tela (por ejemplo, un tejido textil) tiene suficiente resistencia y permeabilidad a la unión con la pintura aplicada, y opcionalmente un recubrimiento de pintura intumescente. (NFPA, 2003)

### **Arcos y Recalentamiento en Sistemas Eléctricos**

Cuando se interrumpe un circuito eléctrico que lleva una corriente ya sea intencionalmente, como por medio de un interruptor, o por equivocación, como cuando se afloja la conexión de un terminal, se produce un arco en los contactos del interruptor o calentamiento de la conexión de

alta resistencia. La intensidad del arco y la energía liberada dependen principalmente de la corriente y resistencia del contacto en el terminal, lo mismo que el voltaje e inductancia de la carga del circuito. La temperatura puede ser suficientemente alta para incendiar cualquier material combustible en la vecindad. (NFPA, 2003)

Un arco eléctrico no solamente puede incendiar un material combustible en su vecindad, por ejemplo, el aislamiento y revestimiento del conductor, sino que también puede fundir el metal mismo del conductor. Chispas y salpicaduras del metal fundido pueden caer sobre materiales combustibles, iniciando un incendio. (NFPA, 2003)

Cuando un conductor eléctrico transporta corriente, se genera calor en proporción directa a la resistencia (ohm) del conductor y al cuadrado de la corriente (amperaje). La resistencia de los conductores utilizados para llevar corriente al sitio donde se usa o transportarla por el bobinado de porciones de aparatos. (NFPA, 2003)

### **Instalación Inadecuada**

Son ejemplos: el no seguir las instrucciones de instalación del fabricante o las estipulaciones del *NEC* (National Electrical Code), como los requisitos de fabricación, pueden resultar en que el equipo se instale de manera que produzca sobrecargas, daño a los equipos o calentamiento excesivo de combustibles cercanos. El no igualar el tamaño de calibre del alambrado con el voltaje del equipo o sobredimensionamiento de fusibles (uso de fusibles con clasificación de amperaje demasiado alta).

- Muchos incendios de cables eléctricos involucran cables de extensión comparados con cables de lámparas u otros artefactos. Esto indica que los cables de extensión se usan demasiado como extensiones semipermanentes en los sistemas de cableado de los edificios.
- Los incendios de aparatos de protección contra sobre corriente parecen involucrar a los cortacircuitos con más frecuencia que a los fusibles, ambos en relación con el grado de uso de cada tipo de aparato. Esto es notable ya que los fusibles se usan principalmente en hogares muy antiguos, donde el deterioro debido al tiempo o daño por alteraciones de los sistemas sería más probable, y que los fusibles son más susceptibles a la manipulación indebida. (NFPA, 2003)

- Los televisores a color ofrecen un riesgo de incendio mayor que los de blanco y negro debido a las diferencias en el uso de la energía en los dos tipos.

### ***National Electrical Code, NEC.***

**(ANSI I NFPA 70)**

El *NEC* proporciona medidas prácticas de seguridad para las personas y la propiedad contra riesgos presentados por el uso de electricidad. El *NEC* se publicó por primera vez bajo su nombre actual en 1897. El Comité Nacional para el Código Eléctrico los revisa cada tres años.

### ***National Electrical Safety Code (Código Nacional de Seguridad Eléctrica), (ANSI C2)***

Con el aumento del interés en la seguridad eléctrica en *EVA*, surgió la necesidad de un código que cubriese las prácticas de las empresas de servicios públicos y otras para la instalación y mantenimiento de líneas suministro aéreo y subterráneo de electricidad y de comunicaciones. Por consiguiente, en 1916 se completó la primera edición del *National Electric Safety Code (NESC)*. Este código es actualizado y publicado por el *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*.

### **Componentes de los datos para la planeación previa al incidente**

Las características de la construcción, tales como los sistemas estructurales de armadura, los materiales de construcción y los acabados interiores y exteriores, pueden ser factores clave en la velocidad y extensión de la propagación del fuego dentro de un edificio construido completamente con materiales combustibles. El desarrollo del fuego, la intensidad y la propagación puede controlarse mucho mejor en estructuras de construcción resistentes al fuego. El tamaño del edificio, tanto vertical como horizontal, también puede tener un efecto drástico en el proceso de toma de decisiones que tiene lugar durante la emergencia. El de bomberos es importante para estimar el problema potencial del fuego y finalmente confinar el fuego a un área limitada.

**Construcción de Muros.** El plan previo al incidente debe incluir información al respecto a los materiales de construcción para los muros exteriores, tales como entrepaños de metal, mampostería o armazones de madera. Esta información será de gran ayuda para determinar el

potencial de protección ante una exposición al fuego, la pérdida potencial de la integridad de la estructura y la habilidad para acceder al interior del edificio. (NFPA, 2003)

**Construcción del Techo.** También es necesario tener información sobre la construcción del techo. Esta información incluye el soporte del techo, como las viguetas de maderas, viguetas de acero; la base del techo, con los materiales como el acero, paneles metálicos, tabloncillos de madera o, concreto; y el tachado con el armado de papel impermeable con brea y gravilla o el sistema de membrana de aislamiento. El tipo de construcción del techo puede tener un impacto sobre las operaciones de ventilación, puede generar problemas de exposición al fuego y, lo más importante es que puede aumentar los peligros para los bomberos. El plan previo del incidente también debe tener en cuenta como se llevará al cabo de la ventilación y, la ubicación de cualquier abertura ventilación manual o automática. (NFPA, 2003)

**Cielos Rasos y Áticos.** Los cielos rasos falsos y los áticos comunes pueden conducir a la propagación del fuego dentro de un edificio y perjudicar la habilidad de los bomberos para controlar el fuego. Estos elementos de construcción pueden crear riesgos si no son recubiertos por materiales piro retardantes. (NFPA, 2003)

### **Sistema de Suspensión de Techo Piroretardante**

Sistema de suspensión de ceiling, que permanece en su lugar sin falla bajo condiciones de alta temperatura, como los que ocurren durante un incendio. (NFPA, 2003)

Las calificaciones de sistemas de techo se determinan por medio de las pruebas de incendios, resistencia realizadas de conformidad con la Norma para Incendios y Pruebas de Edificación Construcción y Materiales, UL263 (ASTM E119, NFPA 251). Esto significa que un sistema de techo, tanto la absorción de sonido en los paneles individuales o tejas, y los miembros de suspensión, deben permanecer en su lugar y evitar la transmisión de cantidades excesivas de gases calientes, llamas y calor; que llegan a la zona superior del techo por un período determinado de tiempo. (NFPA, 2003)

Sistemas de suspensión de techo elaborado de metales convencionales tienden a romperse y distorsionarse durante los incendios, y por lo tanto no poseen la estabilidad necesaria para resistir el fuego. A pesar de que los paneles de ceiling individuales pueden no desmoronarse o

ser destruidos durante un incendio, es necesario que el sistema de suspensión del techo en sí no se deforme o distorsione de tal manera que los paneles del ceiling puedan caerse del techo. La prevención de la distorsión del sistema de suspensión es importante porque paneles individuales de ceiling tienden a encogerse lateralmente, y una distorsión del sistema de suspensión, probablemente permite que algunos de los paneles se destruyan al caer del techo. En efecto, el sistema de techo actúa como una membrana para impedir o detener el calor, las llamas y gases calientes, y de llegar a la zona superior del techo, el sistema de techo también actúa como un aislante térmico. (NFPA, 2003)

Con el fin de tener éxito, un sistema de suspensión debe ser económicamente competitivo. Un sistema construido enteramente de miembros de suspensión cortos puede proporcionar la protección necesaria contra la falta de techo, pero se vuelve económicamente inviable. Además, un sistema de suspensión de la utilización de numerosos miembros cortos requiere un número excesivo de juntas de dilatación individuales. (NFPA, 2003)

Se han propuesto otros sistemas de suspensión de techo que confían en partes que se deslizan uno respecto al otro para compensar la expansión térmica de los elementos del sistema de suspensión metal. Todavía otros proporcionan enlaces fusibles que se funden fuera del sistema y permiten la expansión de los elementos de suspensión o movimiento relativo de los mismos. (NFPA, 2003)

La solución de este problema, implica lo que podría denominarse deformación controlada. Deformación controlada, significa la deformación del sistema de suspensión de tal manera que los miembros de suspensión más largos actúan como si fueran miembros de suspensión individuales más cortas, y los miembros más cortos de suspensión cruz no obligan a los miembros más largos estar fuera de posición. (NFPA, 2003)

### 3.2 MARCO CONCEPTUAL.

**Calor:** Flujo de energía desde un cuerpo con más alta temperatura hacia otro con más baja temperatura, cuando se les coloca en contacto térmico (Brown, 2004).

**Calor Específico:** La capacidad calorífica de 1 g de una sustancia; el calor requerido para elevar la temperatura de 1 g de una sustancia en 1°C (Brown, 2004).

**Cambio de estado:** Transformaciones de la materia de un estado a otro, por ejemplo, de gas a líquido (Brown, 2004).

**Cambios físicos:** Cambios (como un cambio de fase) que no alteran la composición química (Brown, 2004).

**Capacidad calorífica:** Cantidad de calor necesaria para elevar en 1°C (o 1 K) la temperatura de una muestra de materia (Brown, 2004).

**Compuesto:** Sustancia formada por dos o más elementos unidos químicamente en proporciones definidas (Brown, 2004).

**Entalpía:** Cantidad definida por la relación  $H = E + PV$ ; el cambio de entalpía,  $\Delta H$ , de una reacción que se efectúa a presión constante es el calor que se desprende o absorbe en la reacción:  $\Delta H = qp$ . (Theodore Brown, 2004, pág. 1119)

**Energía:** (Del lat. *energīa*, y este del griego. *ἐνέργεια*) Capacidad para realizar un trabajo. Se mide en julios. (Real Academia Española, 2009)

**Fuego:** Reacción química producida por el movimiento desordenado molecular y caracterizado por la liberación de energía en forma de luz y calor. (Real Academia Española, 2012)

**Incendio:** Reacción de combustión no controlada, que causa pérdidas económicas. (Real Academia Española, 2012)

**Temperatura:** Magnitud física que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o del ambiente. Su unidad en el Sistema Internacional es el *kelvin* (Real Academia Española, 2009).

### 3.3 MARCO ESPACIAL.

El estudio será desarrollado en la UNAN Managua, ya que se incorpora la opinión de docentes capacitados en materia de materiales de construcción usados en todos los locales comerciales de Nicaragua

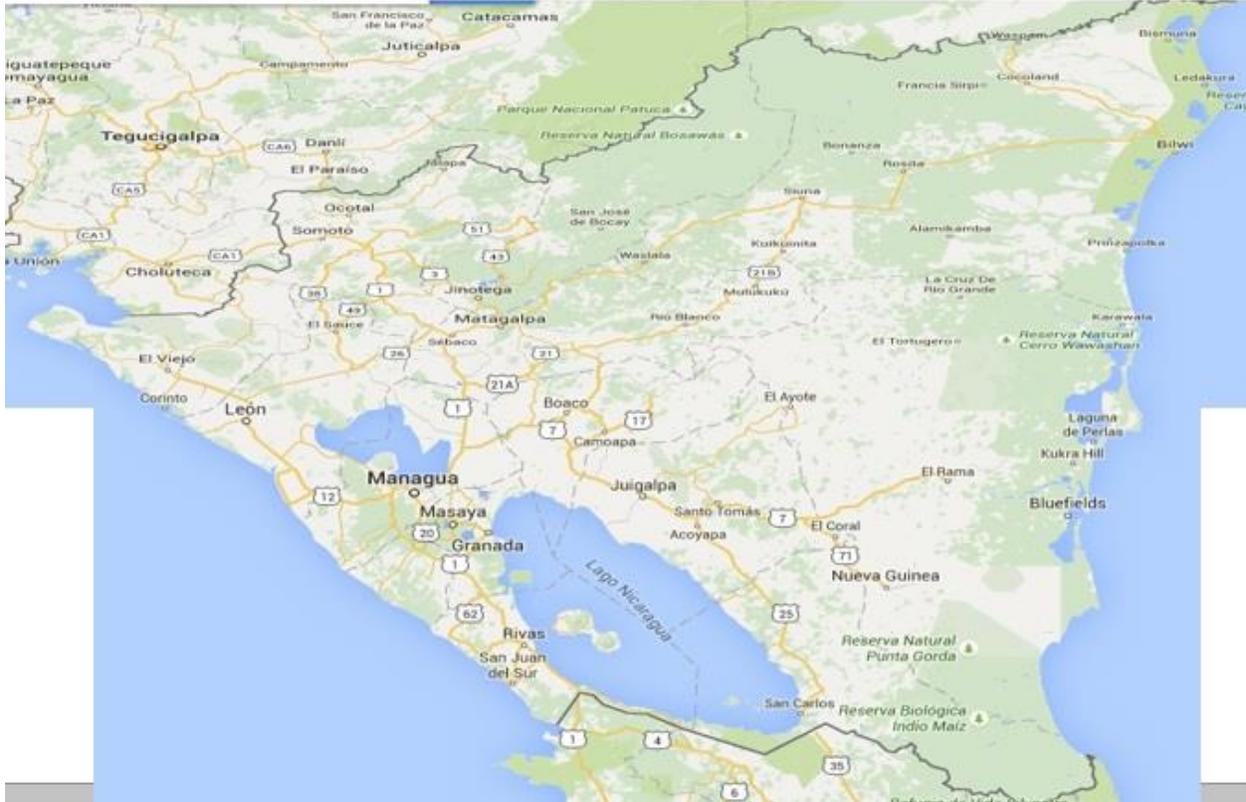


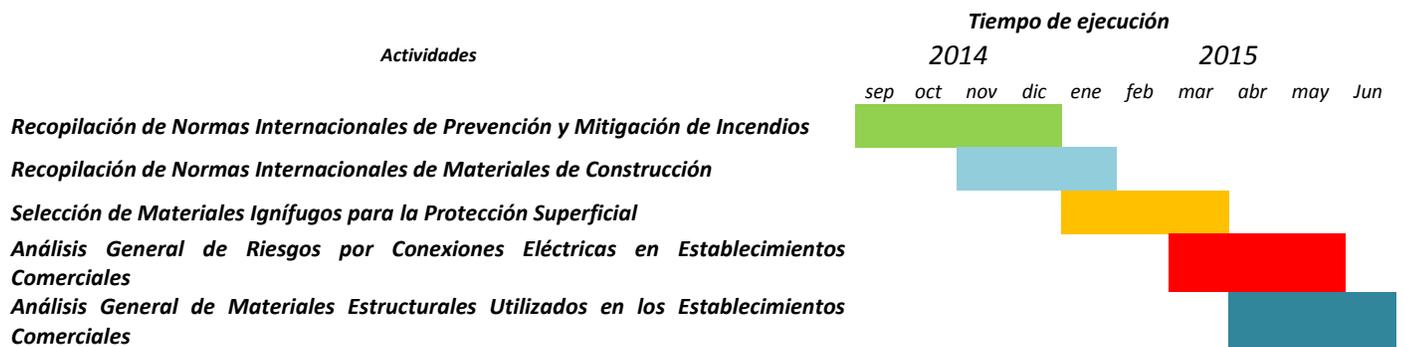
Figura 2: Nicaragua

Fuente: Imagen extraída de Google Maps.

### 3.4 MARCO TEMPORAL.

La propuesta de aplicación de un material retardante comprende 5 fases de investigación en las cuales se pretende recolecionar la información de normas internacionales en materia de mitigación y prevención de incendios en los materiales estructurales que comúnmente se utilizan en las instalaciones de los establecimientos comerciales.

Tabla No 9. Cronograma de actividades



La propuesta de los materiales piroretardantes debe ser compatible con las normas nicaragüenses de prevención de incendios y ser accesibles económicamente al poder adquisitivo medio de los nicaragüenses, además se estudiará las causas de los incendios en los establecimientos comerciales de Nicaragua. Posteriormente se evaluará las características físicas y químicas de los elementos estructurales de los establecimientos de Nicaragua.

### **3.5 MARCO LEGAL.**

Para el desarrollo de una propuesta de un material retardante para la reducción de riesgos por incendios es necesario conocer la naturaleza de los materiales utilizados en las estructuras de los establecimientos comerciales de Nicaragua. Actualmente en Nicaragua rigen solamente dos normas en prevención y mitigación contra incendios y ninguna de estas contemplan requisitos del uso de materiales piro retardantes a las superficies o componentes estructurales.

La NTON 22 001-04; Aprobado el 1º de Abril del 2004, Publicado en La Gaceta N° 12; del 18 de Enero del 2005, describe una serie de recomendaciones basadas en la norma internacional de prevención y mitigación de incendios de la NFPA 101 y la NFPA 255, en Nicaragua no existe una norma específica para materiales de construcción ni requerimientos de retardante de fuego para la exposición de los materiales; por tanto la Dirección General de Bomberos recomienda seguir las normas internacionales.

NTON 22 003-10. Aprobada el 03 de Junio del 2011 Publicada en La Gaceta No. 235 del 13 de Diciembre del 2011, es la versión más actual en materia de prevención y mitigación de incendios; los estándares de Nicaragua no establecen parámetros de resistencia de las estructuras y lamentablemente en Nicaragua no se construye con materiales certificados en retardantes de incendios.

La norma ASTM – E 119 que es la norma internacional para realizar pruebas de prevención y mitigación de incendios en donde se especifica la condiciones de laboratorio en las cuales se deben desarrollar las pruebas de materiales usados como recubrimientos para elementos retardantes de la combustión.

La norma internacional UL 263 es la norma especializada en los estándares de materiales usados en recubrimientos en materiales de construcción.

#### **4. HIPÓTESIS.**

La aplicación de sustancias piroretardantes, aumentará la resistencia térmica del producto al que se le aplique una vez que este se exponga a una fuente de calor y se reducirán los daños a la integridad estructural de los establecimientos comerciales.

## **5. DISEÑO METODOLÓGICO.**

### **5.1 Tipo de enfoque.**

La investigación tiene un enfoque mixto, ya que se hará una caracterización de los materiales en cuanto al grado de resistencia térmica además de que se harán pruebas para comprobar la efectividad de la sustancia piroretardante.

### **5.2 Tipo de investigación.**

El tipo de investigación es exploratoria y de carácter prospectivo, es exploratoria porque el problema propuesto y los objetivos planteados en la investigación es para determinar una combinación de factores que permitan desarrollar una sustancia piroretardante, que evite la propagación del fuego dentro de una instalación comercial, evaluando los beneficios relacionados con la política en materia de prevención y mitigación de incendios, y es de carácter prospectivo porque no existe información de dominio público de una lámina con las características necesarias para la elaboración de elementos de interiores con alta resistencia térmica.

### **5.3 Población.**

La investigación tendrá como población todos aquellos productos utilizados como elementos estructurales en las edificaciones, siendo estos aquellos destinados a dar soporte, servir como divisor entre dos secciones y aquellos que se incorporan para el confort y para fines decorativos.

### **5.4 Muestra.**

Para el análisis de la efectividad de la sustancia piroretardante se tomará como muestra, los materiales de construcción utilizados como láminas divisorias.

### **5.5 Tipo de muestreo.**

Se realizará un muestreo aleatorio simple, para la realización de las pruebas experimentales.

### **5.6 Recolección de datos.**

Como la investigación requerirá del proceso experimental, se tomarán los datos mediante la observación directa, además se harán entrevistas a 4 docentes del departamento de construcción de la UNAN-Managua para hacer un diagnóstico en cuanto los cumplimientos de las normativas nacionales e internacionales.

## 5.7 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

<b>Variable</b>	<b>Indicador</b>	<b>Fuente</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
Resistencia térmica	Bueno Regular Malo	Publicaciones online.	Revisión bibliográfica.	Documentos online.
Conservación de las propiedades	Bueno Regular Malo	Pruebas experimentales	Observación directa	Guía de observación.
Importancia del estudio.	Alto Medio Bajo	Docentes del Depto. de Construcción.	Entrevistas	Guía de entrevista.
Método de aplicación	Bueno Regular Malo	Pruebas experimentales	Observación directa.	Guía de observación.

Fuente: Propia

## 6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Nuestro país no incorpora en sus leyes especificaciones de que parámetros tienen que ser considerado en los materiales de construcción, de acuerdo a la resistencia de estos en caso exposición a un incendio. Detallaremos las clasificaciones hechas por la NFPA para los diferentes tipos de construcción. Para la comprensión de los términos que se emplean recordaremos el significado de cada uno de los códigos numéricos utilizados:

- El primer dígito: representa la demanda de horas de resistencia al fuego para un muro de carga exterior que este frente a una calle o sea el límite de su terreno.
- El segundo dígito: nos indica la demanda de horas de resistencia al fuego para el armazón estructural de columnas y vigas maestras que soportan cargas superiores a un piso.
- El tercer dígito: Nos muestra la demanda de horas de resistencia al fuego para construcción de pisos.

Clasificación de la NFPA de resistencia al fuego (en horas) de materiales de construcción del Tipo I hasta Tipo V.

Tabla No 10. Clasificación de los muros de carga exteriores.										
	Tipo I		Tipo II			Tipo III		Tipo IV	Tipo V	
	443	332	222	111	000	211	200	2HH	111	000
<b>Muros de carga exteriores</b>										
<b>Que sostienen más de una planta, columnas u otros muros de carga.</b>	4	3	2	1	0 <sup>a</sup>	2	2	2	1	0 <sup>a</sup>
<b>Que sostienen una planta solamente</b>	4	3	2	1	0 <sup>a</sup>	2	2	2	1	0 <sup>a</sup>
<b>Que sostienen un tejado solamente.</b>	4	3	1	1	0 <sup>a</sup>	2	2	2	1	0 <sup>a</sup>

Fuente: NFPA

El primer tipo de material constructivo es el muro de carga exterior. Aquí tenemos las siguientes características de resistencia al fuego en los cinco tipos de construcción:

En el Tipo I los muros de cargas exteriores que sostienen más de una planta, columnas u otros muros están diseñados para tener una resistencia de 4 y 3 horas. En el tipo II, los muros están diseñados para resistir 2 horas, una hora y el último que no posee resistencia pero que están dispuestos por la NFPA 80A. Los muros de carga exterior que se emplean en el Tipo III, ambos soportan dos horas bajo los efectos de un incendio. En el Tipo IV que corresponden a construcciones realizadas a partir de maderas pesadas están diseñadas para resistir 2 horas y por último el Tipo V en el cual los muros tienen una resistencia de hora y el otro que no presenta ninguna resistencia, pero como se mencionó anteriormente cumple con los demás requerimientos.

El segundo elemento, son los muros de cargas exteriores que sostiene una planta solamente. En el Tipo I de construcción estos muros deben de resistir 4 y 3 horas ante un incendio. Para el Tipo II estos deben de cumplir con 2 horas, 1 hora y el último tipo de muro que únicamente tiene fines estructurales pero al igual está dentro de las especificaciones de las normas NFPA. Para el Tipo III deben de ser capaz de brindar protección en lapsos de 2 horas para ambos tipos. El Tipo IV de construcción tiene que presentar muros con una resistencia de 2 horas ante los incendios. Por último en el Tipo V encontramos dos subclasificaciones, uno con una capacidad de soportar 1 hora el fuego y el otro completamente desprovisto de protección ante las llamas.

El tercer elemento constructivo, es el muro para cargas exteriores que sostienen tejado solamente. El muro para el Tipo I de construcción está diseñados para resistir 4 y 3 horas. En el Tipo II, las tres subclasificaciones deben de presentar una resistencia de 1 hora, los dos primeros y el último no incorpora resistencia ante los incendios. Para el Tipo III los muros tiene que ser capaz de soportar dos ambos. Los que están en el Tipo IV tienen que cumplir con 2 horas de resistencia y los que se utilicen para el Tipo V deben de poder tener una capacidad de estar expuestos ante in incendio 1 hora el primero, el segundo no tendrá ninguna resistencia

Tabla No 11. Clasificación de los muros de carga interior.

	Tipo I		Tipo II			Tipo III		Tipo IV	Tipo V	
	443	332	222	111	000	211	200	2HH	111	000
<b>Muros de carga interiores.</b>										
<b>Que sostienen más de una planta, columnas u otros muros de carga.</b>	4	3	2	1	0	1	0	2	1	0
<b>Que sostienen una planta solamente</b>	3	2	2	1	0	1	0	1	1	0
<b>Que sostienen un tejado solamente.</b>	3	2	1	1	0	1	0	1	1	0

Fuente: NFPA

El segundo tipo de material constructivo que encontramos en la clasificación de la NFPA es el muro de carga para interiores, describiremos cómo se comporta la resistencia al fuego para los diversos tipos de clasificaciones.

Primeramente encontramos los muros de carga interior diseñados para sostener más de una planta, columnas u otros muros de cargas. Si estos van a ser utilizados en el Tipo I de construcción deben de cumplir con una resistencia de 4 y 3 horas respectivamente. En el Tipo II tendrán que resistir 2 horas, 1 hora y la última subclasificación que no presenta resistencia. Para el Tipo III tendremos dos tipos de muros, uno que 1 hora y otro que no posee resistencia al fuego. Los muros utilizados en el Tipo IV tendrán que resistir un periodo de 2 horas y en el Tipo V de construcción, la primera subclasificación resistirá 1 hora, mientras que la segunda no presentará resistencia ante los incendios.

Para los muros de carga interior que sostienen una planta, para el Tipo I de construcción están diseñados para soportar 3 horas el primer subtipo y 2 horas para el segundo. Para los muros del segundo Tipo II las tres categorías que encontramos, deben de resistir 2 horas, 1 hora y el último que no posee resistencia. En el Tipo III al igual que el tipo anterior uno de las subclasificaciones no presenta resistencia al fuego, mientras el otro tiene la capacidad de permanecer 1 hora

expuesto ante un incendio. Los muros usados en el Tipo IV deberán cumplir con 1 hora de resistencia, mientras los que estén bajo el Tipo V, resistirán 1 hora y el otro no tendrá resistencia al fuego.

Por último los muros de carga interior que sostienen solamente tejado, para el Tipo I tienen que tener la capacidad de soportar 3 horas el primer subtipo y 2 horas el segundo. Los que vayan a ser incluido en el Tipo II, tienen que resistir de acuerdo a su categoría, 1 hora para los dos primeros y el tercero sin protección. En el Tipo III de construcción los muros tendrán que soportar 1 hora, en la primera categoría y la segunda no incorpora resistencia. Los que se empleen en el Tipo IV serán capaces de resistir un periodo de 1 hora, mientras los categorizados en el Tipo V, uno cumplirá con 1 hora de resistencia y el otro no llevara como requerimiento resistencia ante el fuego.

Tabla No 12: Clasificación de las columnas.										
	Tipo I		Tipo II			Tipo III		Tipo IV	Tipo V	
	443	332	222	111	000	211	200	2HH	111	000
<b>Columnas.</b>										
<b>Que sostienen más de una planta, columnas u otros muros de carga.</b>	4	3	2	1	0	1	0	H <sup>b</sup>	1	0
<b>Que sostienen una planta solamente</b>	3	2	2	1	0	1	0	H <sup>b</sup>	1	0
<b>Que sostienen un tejado solamente.</b>	3	2	1	1	0	1	0	H <sup>b</sup>	1	0

Fuente: NFPA

Como tercer tipo de material constructivo tenemos las columnas, descritas en la clasificación de la NFPA, su comportamiento en los diferentes tipos de construcción será el siguiente:

Las columnas que sostienen más de una planta, columnas u otros muros de carga, en el Tipo I de construcción están diseñadas para resistir 4 horas para la primera categoría y 3 horas en la segunda. En el Tipo II este tipo de material tiene que resistir 2 horas para la primera categoría, 1

hora de resistencia en la segunda categoría y en la tercera no requerirá de ninguna protección. Para el Tipo III estas columnas están equipadas para poder estar sometidos a las llamas un periodo de 1 hora y la segunda categoría no posee resistencia. Las columnas que estén presentes en el Tipo IV de construcción deberán de ser de madera pesada, pero está presente dentro de los estándares establecidos por la NFPA. Por último dentro del Tipo V una de las categorías tendrá que soportar un periodo de 1 hora y la segunda categoría no incorporará la resistencia.

El segundo elemento, las columnas que sirven de soporte únicamente para una planta, en el Tipo I de construcción tendrán que resistir 3 y 2 horas respectivamente. Las que vayan a ser incorporadas en el Tipo II de construcción, las dos primeras categorías resistirán 2 y 1 hora al fuego, mientras que la última no poseerá estas condiciones. Para el Tipo III podrá soportar un total de 1 hora, la primera categoría y la segunda solamente cumplirá con los parámetros estructurales no así los de resistencia térmica. Las columnas para el Tipo IV solamente cumplirán con los parámetros de la NFPA ya que esta es a base de madera pesada, las del Tipo V tendrán 1 hora de resistencia y la última categoría no cumplirá ningún grado de resistencia al fuego.

El último elemento que tenemos son las columnas que sirven de sostén para el tejado únicamente. Para el Tipo I tendrán como requisito cumplir con un tiempo de 3 y 2 horas de resistencia al fuego. Las que se utilicen en el Tipo II, las dos primeras categorías resistirán 1 hora, mientras que la última solamente será con fines estructurales. Las del Tipo III deberán de estar periodos de 1 hora bajo el fuego y en la otra categoría solo servirá como soporte al igual que las columnas utilizadas en el Tipo IV, mientras que las que estén en el Tipo V, en la primera categoría cumplen con una 1 hora de resistencia y en la segunda incorporará resistencia ante los incendios.

Tabla No 13. Clasificación de las Vigas, Jácenas, Armaduras y Arcos.										
	Tipo I		Tipo II			Tipo III		Tipo IV	Tipo V	
	443	332	222	111	000	211	200	2HH	111	000
<b>Vigas, Jácenas, Armaduras y Arcos.</b>										
<b>Que sostienen más de una planta, columnas u otros muros de carga.</b>	4	3	2	1	0	1	0	H <sup>b</sup>	1	0
<b>Que sostienen una planta solamente</b>	3	2	2	1	0	1	0	H <sup>b</sup>	1	0
<b>Que sostienen un tejado solamente.</b>	3	2	1	1	0	1	0	H <sup>b</sup>	1	0

Fuente: NFPA.

El cuarto tipo de material constructivo son las vigas, jácenas, armaduras y arcos, son los otros elementos que la NFPA brinda las especificaciones de resistencia en los diferentes tipos de construcción.

Cuando estos cuatros elementos son usados para sostener toda una planta, columnas u otros muros de cargas, en el Tipo I de construcción deben de cumplir con 4 horas de resistencia al fuego en la primer categoría mientras que en la segunda un periodo de 3 horas. Los que se incorporen en el Tipo II tendrán resistencia de 2 horas, 1 hora y la última sin protección contra los incendios. Para los que se utilicen como Tipo III de construcción, tendrán el requerimiento de soportar expuestos al fuego hora y la otra categoría no presentara resistencia. Los que se empleen en el Tipo IV, al pertenecer a las especificaciones H<sup>b</sup>, tendrá los requerimientos mínimos. En cambio, los utilizados en construcciones Tipo V, una de las categorías podrá resistir hora, mientras que la otra no llevara parámetros adicionales de protección.

La segunda opción que se puede presentar con estos elementos, es la utilización de estos para sostener una planta solamente. Cundo están en construcciones Tipo I, sus categorías deben de cumplir con un total de 2 y 3 horas respectivamente. Para los elementos empleados en el Tipo II,

las dos primeras categorías resistirán tiempos de 2 y 1 hora respectivamente, en cambio la tercera será desprovista de protección adicional contra el fuego. Los que vayan a ser utilizados en el Tipo III de construcción, en la primera categoría resistirán 1 hora de exposición a incendios y la segunda categoría no tendrá resistencia. La clasificación IV, que presenta las especificaciones H<sup>b</sup> solo cumplirá con los requerimientos mínimos. Pero los que estén dentro del Tipo V, en la primera categoría cumplirá con 1 hora de resistencia y en la segunda será carente de protección.

En la tercera opción cuando los cuatro elementos anteriormente descrita, sean utilizados para sostener un tejado solamente, para el Tipo I resistirán 3 y 2 horas respectivamente al fuego. En el Tipo II, las dos primeras categorías deben de tener como resistencia 1 hora ambas, mientras que la tercera no llevará como propiedad la resistencia al fuego. Los destinados emplearse en construcciones Tipo III, la primera categoría podrá soportar 1 hora ante los incendios y la segunda no estará protegida. Para los elementos empleados en el Tipo IV, el único requisito al que estarán sujetos es que tienen que ser de madera pesada, para así cumplir con el mínimo del estándar. Por último en el Tipo V, la primera categoría resistirá una hora de exposición y la segunda no será provista de protección.

Tabla No 14. Clasificación de los pisos, Techos y Muros exteriores sin carga..

	Tipo I		Tipo II			Tipo III		Tipo IV	Tipo V	
	443	332	222	111	000	211	200	2HH	111	000
<b>Construcción de pisos</b>	3	2	2	1	0	1	0	H <sup>b</sup>	1	0
<b>Construcción de techos.</b>	2	1 1/2	1	1	0	1	0	H <sup>b</sup>	1	0
<b>Muros exteriores sin cargas.</b>	0 <sup>a</sup>									

Fuente: NFPA

Los parámetros que debemos fijar de resistencia al fuego en la construcción de pisos en el Tipo I de construcción son de 2 y 3 horas. Para el Tipo II, deben de soportar las dos primeras categorías 1 y 2 horas respectivamente, mientras que la tercera categoría no incluirá resistencia.

Las del Tipo III, en la primera categoría el piso podrá tolerar 1 hora y la segunda categoría no incorporará la capacidad de resistir a los incendios. Los pisos con características del Tipo IV, únicamente tendrá las propiedades estructurales. Por último las que estén sujetas a construcciones Tipo V, una de las categorías dará protección 1 hora, mientras que la otra no brindara ninguna protección.

Para los techos, la resistencia será de 2 horas en la primera categoría y 1 ½ en la segunda, dentro del Tipo I de construcción. Los que estén bajo los parámetros del Tipo II, resistirán 1 hora las dos primeras categorías, mientras que la tercera no llevara protección. En el Tipo III, una de las categorías podrá estar sometida a un incendio 1 hora, la otra no poseerá ninguna capacidad de resistir el fuego. Los techos que estén sujetos a las características del Tipo IV, al ser de madera pesada únicamente garantizara el mínimo de protección. Mientras que los utilizados en construcciones Tipo V, la primera categoría soportara 1 hora y en la segunda no poseerá protección.

El último de los elementos constructivos que describe la NFPA, son los muros exteriores que no contienen cargas. En los cinco Tipo de construcción tenemos la misma especificación 0a, la cual representa únicamente aquellos muros que sirven para las divisiones entre propiedades. Estas construcciones están contempladas por la NFPA 80<sup>a</sup>, por lo que están dentro de los estándares de protección.

### **Análisis de propuesta de recubrimiento de las paredes con sulfato de calcio más una mezcla refractaria.**

La composición consta de una mezcla refractaria con las siguientes concentraciones 40-50% de Di hidrato fosfato de potasio, 40-30% de alumina y 30-20% de carbonato de magnesio.

A pesar de las características del carbonato de magnesio, se opta y se recomienda su uso por su alta resistencia a incrementar su temperatura interna a exposiciones prolongadas de temperatura y por sus características químicas por ser una carga, a pesar de que la temperatura de fusión ronda los 1400 C, la cantidad de energía para su degradación es tan alta que la exposición supera los elementos retardantes convencionales.

Análisis de Resistencia Térmica por medio del coeficiente de calor relativo.

Llamamos coeficiente de calor relativo a la cantidad de energía necesaria para elevar un grado centígrado la temperatura de la sustancia por gramo, en condiciones controladas de laboratorio cuya humedad relativa no supera el 70% y la temperatura ambiente oscila entre los 20-26 C.

La cantidad de energía necesaria para aumentar un grado centígrado la temperatura de las sustancias está dadas de la siguiente manera y fueron calculadas de la manera siguiente:

Por el *Primer Principio de la Termodinámica* tenemos que  $Q = \Delta U - \int \rho dV$  ; la energía interna de un cuerpo depende de su temperatura y su volumen por tanto  $Q = (U_f - U_i) - \int \rho dV$  ;  $Q = \int m * c * TdT - \int \rho dV$

A presión y temperatura constante el diferencial volumétrico y de temperatura es 0, así que la ecuación quedara de la siguiente manera:  $Q = m * c * \Delta T$

Donde  $Q$  es la energía suministrada por el sistema.

$m$  la masa de la sustancia expuesta a la transferencia de energía.

$c$  es el coeficiente de calor relativo.

$V$  es el volumen de la sustancia.

$U$  es la energía potencial interna de la sustancia.

$T$  es la temperatura de la sustancia.

**Tabla No 15. Corridas experimentales sustancias piroresistentes**

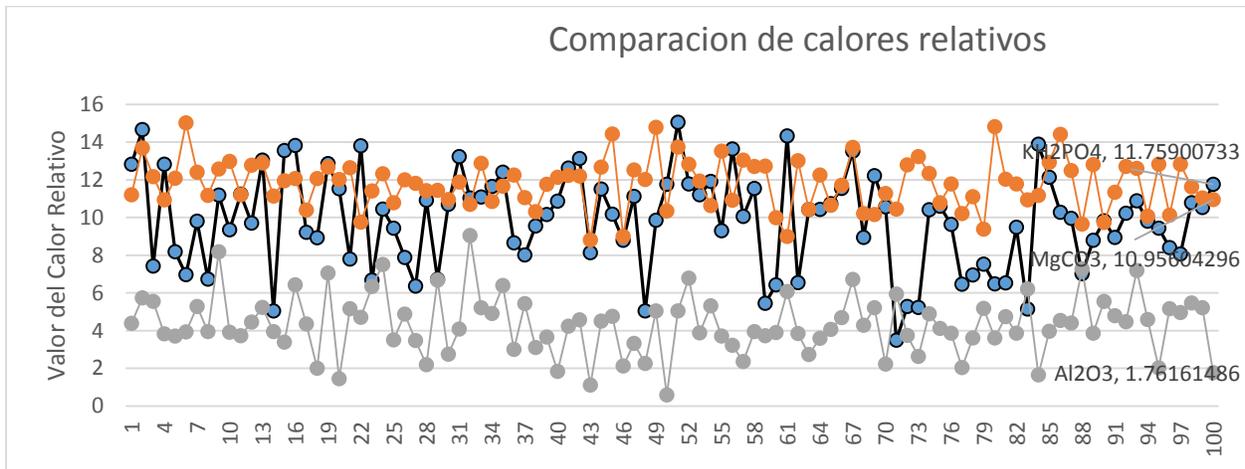
<b>Corrida</b>	<b>KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub></b>	<b>MgCO<sub>3</sub></b>	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>
1	12.8264254	11.2017764	4.37348319
2	14.6589014	13.6845159	5.72757351
3	7.41559609	12.1609258	5.54493206
4	12.8152539	10.9403385	3.82897965
5	8.18485637	12.0862577	3.70082907
6	6.9622143	15.0256507	3.92446702
7	9.79724261	12.408704	5.27738532
8	6.72229253	11.1659249	3.93708158
9	11.1905026	12.562143	8.18101891
10	9.35227393	12.9750639	3.90457819
11	11.2363188	11.1980281	3.71785404
12	9.70407999	12.7698023	4.45171797
13	13.0461614	12.8884043	5.22398898
14	5.03577601	11.1285817	3.94541164
15	13.5560563	11.9411181	3.38683417
16	13.8196613	12.0576217	6.42881298
17	9.20775251	10.3872879	4.34717569
18	8.92439896	12.0672978	2.00231491
19	12.8580759	12.6673206	7.04572833
20	11.5297077	12.0161445	1.44772004
21	7.7906396	12.6413138	5.15877718
22	13.8082138	9.74372881	4.69597605
23	6.68063829	11.402985	6.33270731
24	10.4371481	12.3197068	7.49978774
25	9.42342151	10.7774392	3.50542939
26	7.87775052	12.0034209	4.87840279
27	6.35003901	11.8106855	3.4652094
28	10.9135343	11.4205303	2.19332517
29	6.71286409	11.4359001	6.67256738
30	10.6976525	10.9555958	2.74001293
31	13.2281665	11.8838894	4.07746572
32	11.0335901	10.6879243	9.03722014
33	11.0929968	12.8783975	5.21582358
34	11.6437463	10.8420809	4.90436644
35	12.3968189	11.6656022	6.38367567
36	8.66146122	12.2512632	2.9926721
37	8.01944743	11.047166	5.42554096
38	9.54948586	10.3044276	3.09528361
39	10.1544446	11.764384	3.66108693
40	10.8628946	12.1367285	1.82511705

41	12.6195463	12.2309292	4.2333412
42	13.1243156	12.1978076	4.56725076
43	8.12170196	8.79778929	1.10596795
44	11.5079227	12.6644208	4.4969134
45	10.1724817	14.4328238	4.75110298
46	8.78349015	8.98747715	2.11347926
47	11.1117242	12.5272929	3.31241733
48	5.0463377	12.0156033	2.24934968
49	9.84555543	14.7798179	5.04694933
50	11.7526076	10.3396097	0.5837441
51	15.0464165	13.7336898	5.04400798
52	11.7829926	12.8174779	6.77505943
53	11.199373	11.9254372	3.87780415
54	11.9183042	10.6349119	5.30485192
55	9.29068133	13.5196634	3.709122
56	13.6417578	10.9203771	3.22119831
57	10.055259	13.0390166	2.35575169
58	11.5371486	12.7110374	3.93445018
59	5.44372413	12.7292442	3.72510087
60	6.43142614	9.98635062	3.88949368
61	14.3277384	8.98588735	6.07081404
62	6.54403814	13.0081542	3.84085645
63	10.4177131	10.4199337	2.72147692
64	10.4220304	12.2420892	3.58711888
65	10.7238266	10.6381438	4.06365977
66	11.5366826	11.7075435	4.68036849
67	13.5185151	13.7122328	6.70788943
68	8.94681379	10.2020505	4.28504893
69	12.2201464	10.1539094	5.2030605
70	10.5581185	11.2673424	2.21889006
71	3.48405909	10.4386452	5.92675885
72	5.27409282	12.7930845	3.74035005
73	5.2278883	13.2207293	2.6184586
74	10.4047698	12.3282768	4.89618489
75	10.5986482	10.7847162	4.11343351
76	9.6310657	11.7810141	3.85736159
77	6.45688695	10.2059622	2.02735029
78	6.9454341	11.0977127	3.60972306
79	7.51877965	9.38503092	5.18079212
80	6.47281002	14.8090618	3.60193057
81	6.52772965	12.0276339	4.73845614
82	9.48463732	11.7798701	3.85514831
83	5.14268147	10.9294818	6.20793719

84	13.8800286	11.1662256	1.63914358
85	12.1360383	12.9323146	3.95274887
86	10.2672924	14.4042493	4.52845463
87	9.94783584	12.4870813	4.39721902
88	7.01565553	9.64794356	7.27457902
89	8.78218432	12.8070998	3.85415226
90	9.81510141	9.73357294	5.54510964
91	8.94259141	11.3455379	4.7816078
92	10.2283994	12.7028282	4.46868159
93	10.8881713	12.6034241	7.17970672
94	9.79898851	10.0788831	4.57865455
95	9.42203227	12.8283529	2.01984032
96	8.4004621	10.1207512	5.15299618
97	8.06513997	12.8282169	4.95863453
98	10.7875735	11.630007	5.4664293
99	10.528211	11.026266	5.20885119
100	11.7590073	10.956043	1.76161486

Fuente: Propia.

**Gráfica No 1. Comparaciones entre las sustancias pirorretardantes (Variaciones de Temperatura).**



Fuente: Propia.

Los calores relativos nos permiten desarrollar la combinación idónea de la sustancia para la mezcla refractaria final que se aplicara en las pinturas o como recubrimiento de pintura intumesciente, en las paredes de los establecimientos comerciales de la ciudad de Managua,

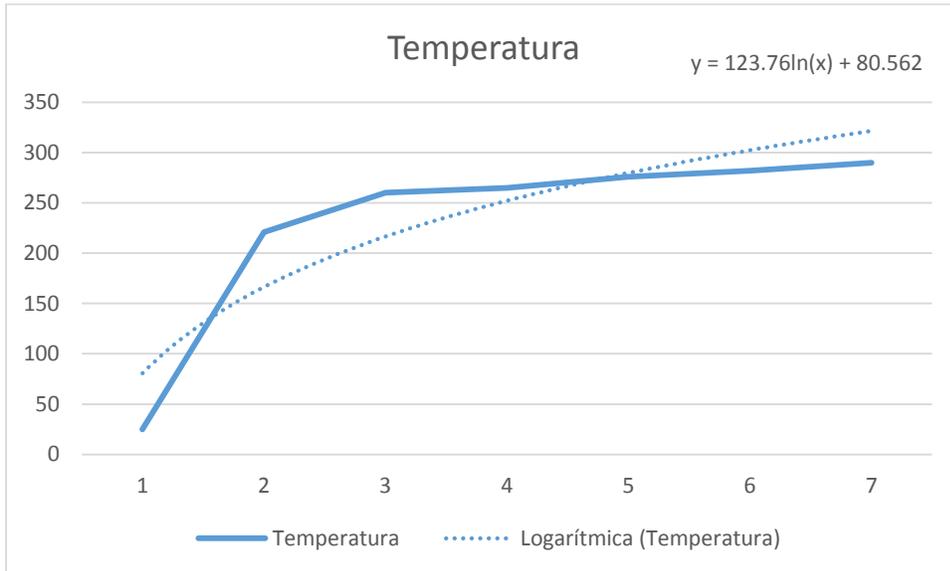
también se puede hacer una especie de reforzamientos en las placas o bordes de las paredes del local.

### **Comparación de la mezcla piroretardante con los requisitos mínimos de las Norma NFPA 255**

Según la Norma NFPA 255, norma rectora para las pruebas de recubrimientos superficiales y materiales estructurales de los establecimientos.

Así debería comportarse cuanto mínimo la temperatura superficial de los materiales utilizados en la construcción.

#### **Gráfica No 2. Logaritmo de temperatura vs tiempo.**

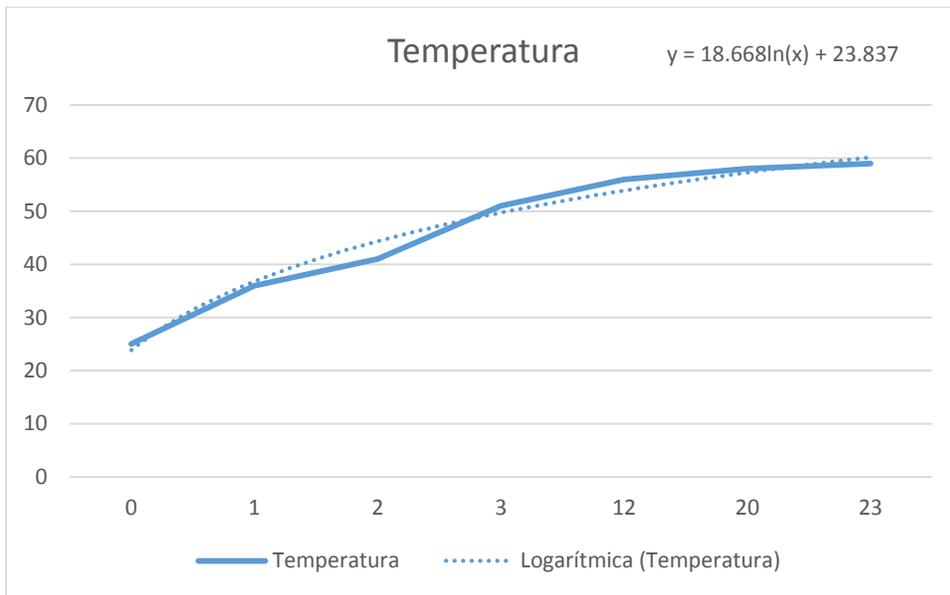


Fuente: National Fire Protection Association

Ecuación del comportamiento de la función está dada por:  $y = 123.76 \ln(x) + 80.562$

Resultados Obtenidos con el recubrimiento superficial.

**Gráfica No 3. Logaritmo temperatura vs tiempo.**



Fuente: Propia.

Ecuación del comportamiento de la función está dado por:  $y = 18.668\ln(x) + 23.837$

En la prueba tomando la consideración de la norma internacional **NFPA 255** se obtuvo una línea de tendencia mucho menor que la propuesta por los requisitos mínimos de los estándares.

La norma NFPA 255 en la sección 2-3.7 establece la curva de temperatura-tiempo mínima necesaria para la que un material estructural cumpla con las especificaciones técnicas.

En relación con estas consideraciones hemos demostrado que la adición del recubrimiento piro retardante reduce de manera considerable la temperatura superficial final de la prueba.

## **Importancia del estudio en la aplicación de sustancias piroretardantes en la seguridad de los centros comerciales.**

Los materiales de construcción en Nicaragua no están diseñados para ofrecer una protección a las personas contra el fuego. Los ingenieros encargados de realizar estas edificaciones deben tener conocimientos de los parámetros constructivos de resistencia al fuego en los materiales de construcción, para así poder brindar seguridad a los dueños de los locales. Nuestra encuesta la dirigimos al personal del área de construcción porque así sabremos cómo están preparados y como educan a los futuros ingenieros que serán los encargados de realizar las tareas constructivas. De todos los docentes del departamento de construcción solamente tomamos a los que se especializan en materiales de construcción, de los cuales tomamos a tres.

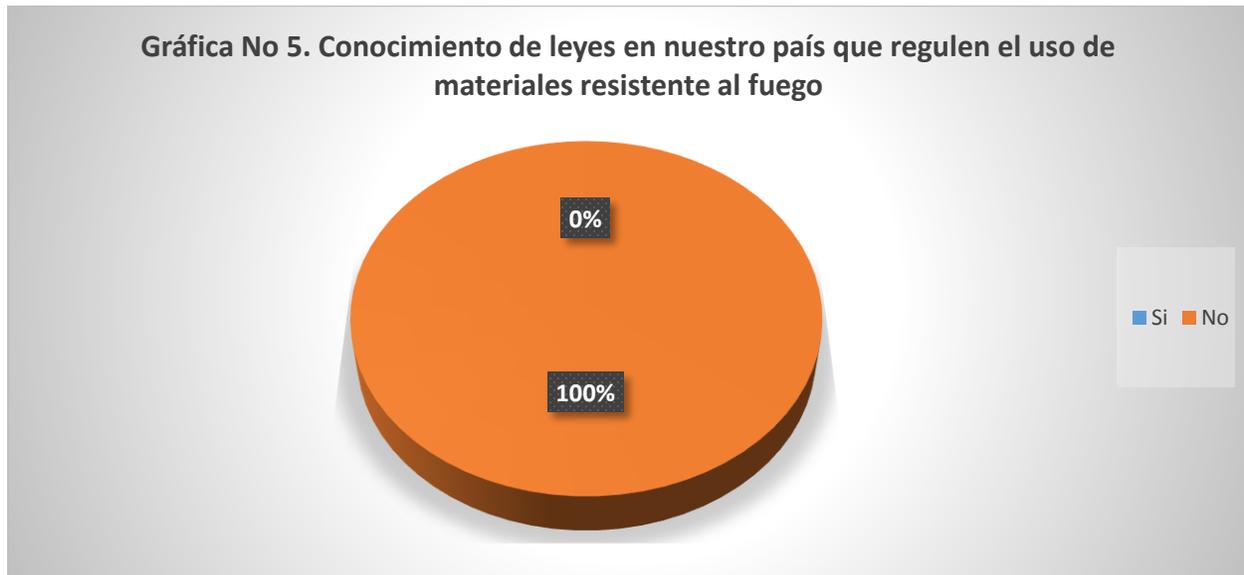
Como Primer aspecto, nos centramos en constatar el conocimiento de los materiales resistentes al fuego:



Fuente: Propia

Podemos observar que todos indicaron conocer de materiales resistentes al fuego. Debemos de saber que los materiales empleados comúnmente en la construcción como el concreto por su propia naturaleza de sus componentes brinda resistencia al fuego, pero no es en sí un elemento que brinde seguridad ya que en locales cerrados actúa como un horno por la gran cantidad de energía que acumula además la presencia de abundantes materiales combustibles en los locales que sirven para almacenar diversos productos que comúnmente se comercializan en el país.

La regulación nacional de materiales constructivos no es muy amplia e incluso podemos decir que es casi nula, ya que comúnmente solo se hace uso de normas internacionales, siendo pocas las personas que las conocen. Los docentes que tienen conocimiento de regulación de la legislación en nuestro país la podemos observar en la siguiente gráfica:



Fuente: Propia.

La gráfica nos muestra que el conocimiento de normativas nicaragüenses que describan de manera muy específica las formas que se debe de construir y el tipo de material que se deba emplear es casi nulo. Este desconocimiento por parte nuestros docentes no da un indicador sobre la preparación en materia de seguridad al momento de pensar en construcción seguras contra el fuego de los ingenieros civiles y arquitectos al momento de desempeñar sus funciones. Sabemos que a nivel mundial la NFPA es una de las principales instituciones en materia de brindar lineamientos en cuanto a la seguridad que se debe incorporar en las edificaciones al momento de los incendios. En cuanto al manejo de disposiciones internacionales en materia de seguridad contra incendios tenemos:

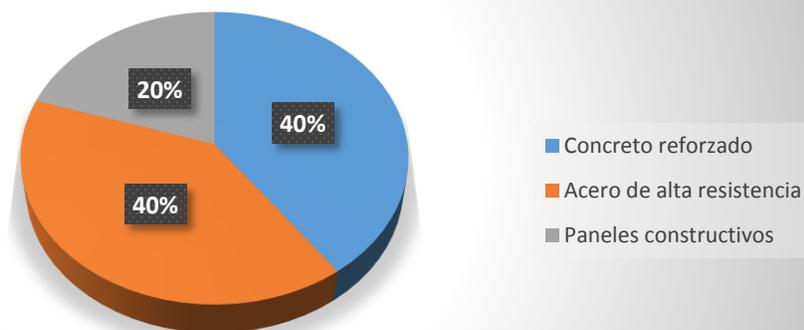
**Gráfica No 6. Conocimiento de normas internacionales que hacen referencia al uso de materiales resistente al fuego**



Fuente: Propia.

Ampliamente se aprecia que al igual que no se tiene conocimiento de la utilización de normativas nacionales también no se aplican las internacionales en la construcción y aunque se refleje un pequeño porcentaje que si conocen de normativas de materiales resistentes al fuego, no se aplican al momento que se desarrollan las construcciones, ya que en nuestro país no se tiene la costumbre de trabajar estos aspectos. En Nicaragua los elementos más comunes que se emplean en la construcción son el concreto, acero de altas resistencia, madera y mampostería. Además se hace bastante uso de paneles tipo gypsum como elementos divisorios y de aislante térmico, pero no garantizan el total de requisitos que piden las normas internacionales. La información que se maneja de los materiales resistentes al fuego en nuestro país son los siguientes:

**Gráfica No 7. Materiales resistentes al fuego utilizados en Nicaragua**



Fuente: Propia.

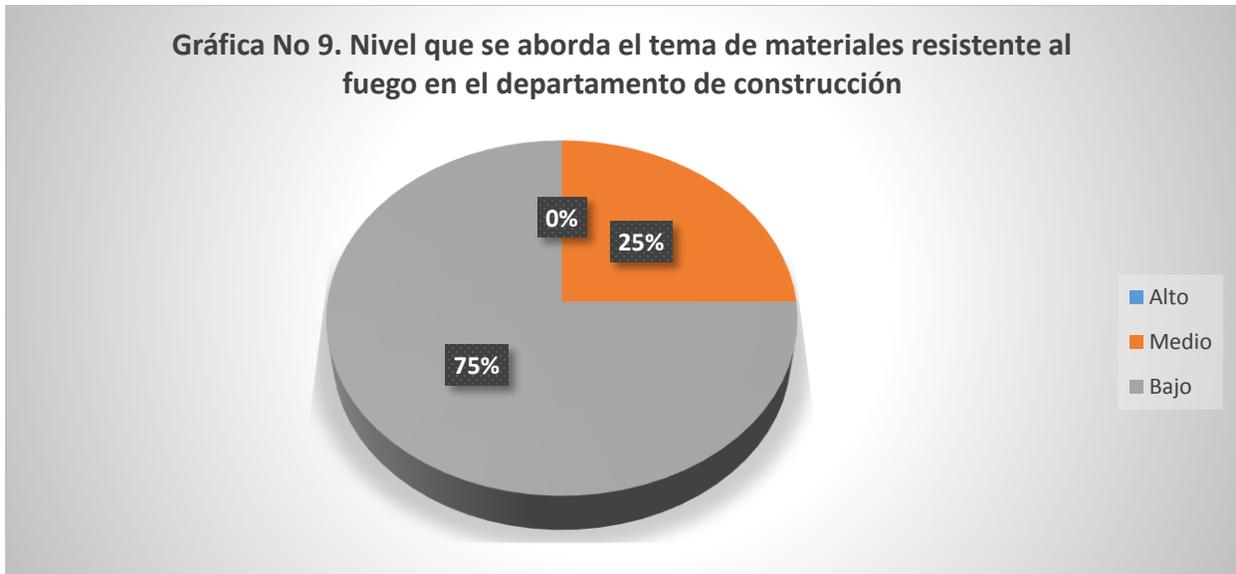
Como mencionamos anteriormente estos elementos por su propia naturaleza brindan resistencia al fuego, pero en la mayoría de las condiciones de incendios a grandes escalas no brindan protección, porque comúnmente no se les hacen ensayos para demostrar la eficiencia bajo ciertas condiciones críticas de exposición a elevadas temperaturas. Realmente podemos decir que es necesario ir adaptando los materiales constructivos a fin de contribuir a la seguridad de las personas y de los centros comerciales. Al final por encima de lo económico la vida es lo más valiosos que tenemos y tenemos que protegerla. La necesidad de leyes más estrictas en cuanto a la obligación de aquellas personas o instituciones que se dedican a la construcción de emplear materiales resistentes al fuego que estén dentro del margen que establecen las normas internacionales la podemos observar aquí:



Fuente: Propia.

Realmente es una necesidad que nuestro país haga uso de normas internacionales que nos dan los parámetros del uso de materiales resistentes al fuego y que a su vez sean incorporados a la legislación nacional para reducir los daños materiales y económicos que anualmente se registran. Las universidades como entes encargadas de preparar a los futuros profesionales deben de incorporar en las áreas a fines de la construcción, en nuestras entrevistas nos dieron el siguiente punto de vista:

**Gráfica No 9. Nivel que se aborda el tema de materiales resistente al fuego en el departamento de construcción**



Fuente: Propia.

Casi en su totalidad no se aborda este tema en estas carreras y lo que se aborda es introductorio, por la carencia de leyes así como el poco uso de las normas internacionales. Todos estos aspectos nos han reflejado que se debe de comenzar a cambiar la educación para poder brindar seguridad a las personas y se reduzcan los daños económicos provocados por los incendios.

La planificación se debe de hacer desde el diseño hasta su construcción, así se tendrá la certeza de lo que realmente estas edificaciones nos pueden proteger al momento que se origine un siniestro y de las pérdidas económicas que puede evitar a los dueños de establecimientos comerciales. El gobierno tiene que tomar más participación en esta temática ya que solo así se encaminará el uso de estos materiales en el área de construcción.

### **Método de aplicación de materiales pirorretardantes a estructuras de establecimientos comerciales para reducir riesgo por incendios.**

Este método se refiere a la protección de superficies, tales como acero, madera, plástico, etc., del calor excesivo y fuego, en particular, a la mejora de las propiedades resistentes al calor y pirorretardantes de los recubrimientos protectores, incluyendo una pintura intumescente.

Se ha constatado previamente que las pinturas intumescentes que proporcionaron los revestimientos más eficiencia ignífuga y los revestimientos de superficies resistentes al calor. Estas pinturas intumescentes contienen generalmente un material formador de película, un

material carbonoso y un agente espumificante y, tras la exposición a temperaturas elevadas, se hinchan y protegen el sustrato revestido. La mejora de los materiales ignífugos y composiciones de protección resistente al calor se han preparado mediante la combinación de una masa de fibras de vidrio en una pintura intumescente; ventajosamente, estas fibras se recubrieron previamente con una resina de vinilo tal como cloruro de polivinilo. Incluso tales composiciones, con el tiempo se descomponen después de una larga exposición a temperaturas elevadas, sobre todo en las esquinas, bordes afilados, y otras áreas de superficie irregular.

El objetivo principal es mejorar la eficacia y durabilidad de composiciones protectoras con fibra de vidrio y recubrimiento de pintura intumescente, particularmente para reducir la tendencia de agrietar y descascarar las paredes en los bordes afilados. Proporcionar un método mejorado de aplicación de tales composiciones de protección a diversas superficies, incluyendo acero, madera, y plásticos endurecidos, lo que aumentará el efecto retardante fuego y protección al calor.

El método de la aplicación de un retardante de fuego y resistente al calor, aplicando por primera vez en la superficie que se desea proteger más una composición protectora que comprende (una pintura intumescente que consiste esencialmente en un líquido no volátil, de 35 a 150 partes en peso aglutinante de OFA formador de película resinosa, y 120 a 475 partes en peso de un agente de espumificada sólido que cuando se calienta a 400° C produce una película seca, aumentando el grosor, al menos 4 veces, y a 30% en peso (exclusivamente el peso de cualquier revestimiento orgánico sobre las fibras), basado en los ingredientes restantes de la pintura, de fibras de vidrio; y la superposición de esta composición protectora con una capa protectora que comprende una lámina flexible, conformable en la superficie de la tela, por ejemplo, un tejido textil, que tiene suficiente resistencia y permeabilidad para unirse con una pintura aplicada en él. El recubrimiento puede secarse, ya sea antes o después de aplicar la capa protectora, esta capa protectora puede consistir en un tejido incombustible, tal como tela de fibra de vidrio.; una tela recubierta con una pintura intumescente o un tejido incombustible recubierto con una pintura intumescente. El recubrimiento de pintura intumescente puede, pero no necesita también ser combinado con fibras de vidrio.

En general, tales pinturas intumescentes incluyen un líquido no volátil o portador en el que los ingredientes se disuelven o dispersan y que se evapora como cualquier pintura “THE”, un

material formador de película o aglutinante, preferiblemente un aglutinante resinoso sintético, que sirve para unir el resto de los ingredientes entre sí y a la superficie cuando la pintura está seca, y uno o más agentes espumificantes que reaccionan, tras el calentamiento a una temperatura elevada de 400° C o superior, se hinchan en una masa similar a la espuma al menos cuatro veces más gruesa que la capa seca original de la pintura. El aglutinante puede estar presente como un material en forma de dos o más ingredientes separados, que reaccionan entre sí para formar un aglutinante resinoso como los de pintura seca, como una mezcla de urea, tiourea, dicianidamida o melamina con un aldehído alifático (o fuente de aldehído), tales como formaldehído o para formaldehído o trioximetileno (o hexametilentetramina) o acetaldehído o furfural. Otros aglutinantes que pueden ser utilizados ya sea sólo o en combinación con lo anterior incluye aceites secantes, resinas alquídicas; derivados de celulosa tales como ésteres o éteres, por ejemplo, acetato de celulosa o butirato de celulosa, acetato de celulosa, o hidroxietilo; carboximetil de celulosa sódica; almidón; más un polímero que contiene cloro-orgánico, tal como caucho clorado, hidrocloreto de caucho, polímeros y copolímeros de cloruro de vinilo o de cloruro de vinilideno, por ejemplo, cloruro de polivinilo, copolímeros de cloruro de vinilo con acetato de vinilo, cloruro de polivinilideno, copolímeros de cloruro de vinilideno con cloruro de vinilo o vinilo de etilo, policloropreno; resinas epoxi; y otros materiales similares. El agente espumificante puede ser pirofosfato de dicianidamida o melamina, fosfato de amonio mono o difosfato de amonio, ácido fosfórico, fosfato de guanilurea, sulfato de amonio, ácido sulfámico, sulfato de amonio, bromuro de amonio, ácido bórico, borato de sodio, polifosfato amina, insolubles en agua como los metafosfatos, tales como las de sodio, potasio, calcio, o zinc, melanimina fosfato dicianidamida, y polifosfato diamina.

El líquido no volátil o portador puede ser agua o un líquido orgánico tal como un hidrocarburo, alcohol, cetona, éter, hidrocarburo clorado, etc. La cantidad precisa del líquido seleccionado dependerá de su posible uso con el aglutinante en particular, agente espumificante, y otros ingredientes presentes. El líquido debe ser químicamente inerte con los ingredientes restantes.

Otros ingredientes opcionales que pueden estar presentes en las pinturas intumescentes incluyen carbohidratos, tales como almidón, y similares que no están necesariamente formados de película pero que son carbonosos y sirven para mejorar el efecto del agente espumificante, tal como un alcohol poli hidróxido, por ejemplo, pentaeritrol, sorbitol, manitol, pentaeritrol,

tripentaeritritol, y otros alcoholes poli hidrolizados similares y saturados de cadena abierta que contienen de cinco a quince átomos de carbono y de 4 a 8 grupos hidroxilos, plastificantes para el aglutinante formador de película.

Pigmentos, cargas, colorantes, estabilizantes y otros convencionales que se encuentran en los ingredientes de la pintura, pueden estar presentes como se desee, sujeto a la limitación de cantidades excesivas de pigmentos o cargas, ya que tienden a anular los efectos deseables de las fibras de vidrio. Los agentes tenso-activos o agentes humectantes también pueden estar presentes, en particular cuando un líquido, con el fin de promover la dispersión de los restantes ingredientes en los materiales orgánicos que se descomponen con cloro hidratados, para liberar cloruro de hidrógeno cuando se calienta a temperaturas de 125 a 400°C o más altas.

Las proporciones relativas de los ingredientes presentes en el material fibroso inorgánico de la pintura intumescente pueden variar en un amplio intervalo. Los mejores resultados se obtienen generalmente cuando las proporciones en partes en peso están dentro de los siguientes rangos:

Formación de la película de material o aglutinante a espumificante de 120-475 partes en relación a materiales carbonosos, ya sea que estén o no el formador de película, además de otros materiales, están presentes preferiblemente en el intervalo de 100 a 250 partes en peso, mientras cuando el material clorado (Formador de película) está presente, además de otros materiales formadores de película están en el intervalo de 70 a 220 partes en peso. La cantidad de líquido puede variar en un amplio intervalo dependiendo de la modalidad deseada de aplicación de la pintura, la naturaleza de la superficie o sustrato al que se va a aplicar, la naturaleza y cantidad de cualquier ingrediente opcional.

Se han obtenido excelentes resultados con las fibras Superglas 1000 y Superglas 1500 que tiene un diámetro de fibra de 3 a 5 micras; estas fibras se humedecen fácilmente con soluciones acuosas y no absorben líquidos. También se pueden usar fibras de vidrio con diámetros mayores, de 100 a 200 micras o más. Las fibras de vidrio recubiertas previamente con una resina de vinilo tales como cloruro de polivinilo o similar (hilo de fibra de vidrio, con el fin de facilitar la dispersión de las fibras en la composición y para asegurar la composición, puede ser fácilmente pulverizable en equipos convencionales. La cantidad de resina de vinilo utilizada para el recubrimiento sobre las fibras puede oscilar hacia arriba del 100% en peso de la porción inorgánica. Por lo general, en composiciones que incluyen fibras recubiertas, aproximadamente

1% del peso total de fibra de vidrio puede también ser utilizado sin recubrimiento aunque, la composición protectora se va a aplicar por pulverización, la cantidad de fibra de vidrio sin recubrimiento no debe exceder de alrededor de un ½ % en peso de los restantes ingredientes.

El peso total de fibra de vidrio (no incluyendo el peso de cualquier revestimiento sobre las fibras) puede variar hasta aproximadamente 30% en peso del resto de la composición, incluyendo el líquido, sin obstaculizar seriamente las características de pulverización de la mezcla. Incluso mayores proporciones de fibras se pueden emplear si el equipo de pulverización disponible está diseñado o si la composición se aplica a la superficie para ser protegidos por algún otro método. Cuando el peso total de fibra de vidrio (exclusivamente para cualquier fibra de recubrimiento) asciende a menos de 2% del peso del resto de la composición, tiene poco efecto sobre las propiedades de la composición. La eficacia óptima se obtiene con composiciones en las que la fibra de vidrio asciende a los 8 a 25% en peso del resto de la composición, incluyendo disolventes. El asbesto o fibras cerámicas no son considerados fibras de vidrio en el presente método de aplicación de materiales piroretardantes, por sí mismos, producen resultados mejorados. Sin embargo, una cantidad limitada de fibras cerámicas, así como de otros materiales de carga inorgánica tales como arcilla, pueden estar presentes además de fibras de vidrio; en algunos casos, su presencia puede ser usados para proporcionar características de pulverización óptimas de la pintura. A medida que aumenta la cantidad de fibras cerámicas, tienen un efecto deletéreo que tiende a anular el efecto beneficioso de las fibras de vidrio. En general, la cantidad de amianto convencional, fibras de cerámica o de otros materiales de carga inorgánicos no debe exceder de aproximadamente en 25% del peso de la fibra vidrio (exclusivo del peso de cualquier revestimiento sobre las fibras).

Después de secar por evaporación los disolventes, el peso desnudo de las fibras de vidrio asciende a alrededor de 16% a 50% en peso del resto de la composición protectora (es decir, el contenido de sólidos restantes), preferiblemente 30% a 40% por peso.

La lámina de tela empleada puede ser combustible o no combustible y de peso ligero, donde el tejido esté relativamente abierto. Dado que la lámina de tela se utiliza ventajosamente en las esquinas y otros bordes afilados, debe ser flexible y conformable. Por otra parte, la tela debe ser lo suficientemente permeable para recibir una pintura aplicada a cada lado, con el fin de unirse con que la pintura, pero lo suficientemente fuerte como para llegar a ser humedecido con

la pintura sin que se rompa, trituración, desintegración o de otra manera perder su estructura de la tela.

Sin embargo, los tejidos naturales o sintéticos pueden ser utilizados, incluyendo el paño de algodón y algunos trapos aceitados (como el TEX, incluyendo un material de lona y una serie de recubrimientos horneados de aceite). Preferiblemente, la tela debe tener una pequeña tendencia a la carbonización, la carbonización debilita la resistencia de la tela y, por tanto, debilita sus cualidades de refuerzo. La fuerza de estos tejidos (y por tanto también su resistencia a la trituración o el desgarro bajo temperaturas elevadas) pueden mejorarse adicionando una aplicación de una resina de recubrimiento a las fibras de la tela.

Cuando se emplea un tejido combustible, esta tela debe ser recubierta adicionalmente con un material ignífugo y resistente al calor, tal como una pintura intumescente como se ha descrito anteriormente, o una composición protectora, en algunos casos puede ser recubierto de vinilo dependiendo de la apariencia estética deseada de la superficie final de recubrimiento, incluso las telas incombustibles están recubiertas por lo tanto, para proporcionar una resistencia mayor se debe aplicar uniformemente un revestimiento para protegerla del calor. La tela se une, ya sea con la composición subyacente (si húmeda cuando se aplica la tela) o con el recubrimiento por la filtración de líquidos de la composición protectora o de la pintura intumescente en la tela, después del secado de la composición.

Sólo las esquinas y bordes deben ser cubiertos con un solapamiento suficiente gruesa para que no cause solapamiento en las capas. Preferiblemente, al menos sobre una hoja de 6 pulgadas de tela, 3 pulgadas superpuestas a cada lado de la esquina.

Cuando se desea la protección total de la tela debido a condiciones extremas en el uso previsto para la superficie subyacente o con fines decorativos, como el logro de una superficie lisa, como recubrimiento de una pared de gypsum, toda la superficie deberá estar cubierta, sobre la composición de protección que incluye un intumescente pintura y fibras de vidrio, con la tela, la composición subyacente se deja secar, y el tejido revestido con un recubrimiento de un intumescente pintura, que no necesita ser combinado con fibras de vidrio y, para revestimientos lisos.

Para protección durante largos periodos de tiempo las superficies deberán protegerse contra las temperaturas que pueden superar los 700°C, al menos con una capa 1/16 de pulgada (espesor en seco) de composición protectora; una capa seca de aproximadamente 3/8 de pulgada de profundidad, proporcionando la máxima protección sin emplear un exceso de la composición protectora.

## **Modelo de edificio comercial pirorresistente**

Modelo y propuesta de aplicación de materiales pirorretardantes a edificios que almacenan materiales tóxicos e inflamables: Este modelo se refiere generalmente a edificios modulares y particularmente a edificios que están adaptados para albergar materiales inflamables y / o tóxicos.

La cantidad de residuos peligrosos ha aumentado significativamente con el crecimiento de las industrias químicas y el uso de sus productos. El aumento de la toxicidad y la inflamabilidad de los residuos también han aumentado. El reconocimiento de la naturaleza de estos materiales ha dado lugar a la imposición de normas sobre su almacenamiento y uso.

La aplicación de las normas de seguridad requiere la construcción de una instalación costosa especializada para el almacenamiento de materiales tóxicos y / o inflamables.

Estas instalaciones suelen utilizar la construcción de mampostería o están laboriosamente ensamblados de elementos muy básicos. Una vez construida no pueden ser reubicados. También, con estructuras construidas convencionalmente es difícil de inspeccionar y determinar que el edificio cumple con los estándares del código de la NFPA 285, la contención secundaria y resistencia estructural. Ahora hay una industria proveedora incorporado de fábrica edificios modulares con diseños aprobados y el estándar que se ajustan a todos los códigos aplicables. Estos son enviados esencialmente completa a la instalación a los usuarios finales, liberando al usuario final de la reinversión y la obtención de la aprobación para cada nueva instalación:

- Resista 90 MPH viento (requisitos comerciales tienen de facto estar a 110 millas por hora).
- Resista 250 libras por carga baja pie cuadrado.
- Proporcionar contención secundaria igual a 25% de la capacidad de líquido del edificio.
- Resista 100 libras por pie cuadrado explosión interna (sólo para los modelos resistentes de explosión). También prever explosión de ventilación. (Estados Unidos Patente n° US5167098, 1991)

También reconoce y clasifica los edificios según diferentes niveles de resistencia al fuego. Estos pueden variar de cero a 4 horas, según establecido por ensayo efectuado de acuerdo con ANSI / NFPA 251, Pruebas de Fuego para la Construcción y Materiales usados en los Edificaciones.

El edificio modular fabricado incluye las columnas prefabricadas de pared, techo y los paneles exteriores, son construidos de forma similar. Estos edificios tempranos carecieron resistencia explosión y resistencia al fuego, lo que limita severamente su aplicación. Factory Mutual Inc, no certificaría como apropiado para el almacenamiento de clase 1A, o la dispensación de la Clase 1B, líquidos. Ellos podrían ser utilizados para el almacenamiento de líquidos menos inflamables, pero sólo si el edificio se encuentra a más de 50 pies de la instalación principal del usuario. El nuevo diseño del edificio se dirige a estas deficiencias, se caracteriza por tener el diseño de pared resistente al fuego en un nivel 2 horas y tener en el diseño del techo resistencia al fuego a un nivel de 2 horas.

El documento que rige la normas de construcción de edificaciones resistentes al fuego son: ANSI / NFPA 251 o la ASTM E119 que son esencialmente normas idénticas. Para las paredes, una muestra típica del diseño de la pared se somete en un lado a una llama con una curva de tiempo / temperatura cuidadosamente definido.

Termopares en la cara no expuesta y se monitorear el aumento de temperatura allí. Después de un tiempo predeterminado (2 horas) la llama se retira y la muestra se somete a una corriente fuerte de la manguera para simular las actividades de los bomberos. La prueba requiere que el aumento de la temperatura en la cara no expuesta durante la prueba (2 horas) esté por debajo de ciertos límites. Además, la corriente de manguera no puede perforar a través de la muestra de la pared. La prueba para el techo es similar a excepción de estos dos puntos: (1) la muestra no está sujeta a un chorro de manguera, y (2) la muestra solo se prueba con la llama en la parte inferior.

Hay una distinción que se hace en el fuego diseños puntuación entre "carga" y "no portantes" en los diseños de la pared. Muros portantes son como el primero de 2 plantas, y llevan cargas axiales significativas. Estos deben ser cargados axialmente durante el incendio de prueba.

Es un mecanismo común para la prestación de una estructura resistente al fuego. Es decir: para incorporar en la estructura de cantidades significativas de placa de yeso. El pánel de yeso

contiene grandes cantidades de agua. En un modelo del tipo que se ilustra en el documento, hay cerca de 3000 libras de agua encerrados en la placa de yeso. Cuando se aplica el calor, toda el agua se convierte progresivamente a vapor. Absorbe una gran cantidad de energía, y como el vapor se disipa la energía térmica se disipa con él. Se tarda más de dos horas en la presente invención a hervir toda el agua de distancia. Mientras no se pierda el agua, la temperatura de la pared expuesta no debe subir por encima de los 100 grados centígrados. Después de que el agua ha sido expulsada de la placa de yeso, la placa se vuelve muy quebradiza y no puede por sí mismo resistir la fuerza del fuego chorro de manguera.

Se describirá un edificio modular que incorpora diseños de plataformas de techo y de pared que integran los requisitos estructurales para resistir el viento y las cargas de explosión interna y para proporcionar contención secundaria con los requisitos térmicos y estructurales para obtener una resistencia al fuego de 2 horas. Los elementos de construcción son de tal tamaño y configuración que se pueden hacer en un taller de fabricación de chapa y pintadas en una línea normal de pintura. El edificio es fácil de montar, es consistente y fiable. Como resultado se obtiene un edificio que puede ser pre-certificado por cumplir con todos los códigos relevantes contra la resistencia al fuego, explosión nominal, materiales peligrosos almacenados en el edificio.

De acuerdo con la invención, modulo del edificio resistente al fuego puede ser construido de una estructura similar a una caja, con estos elementos básicos: una plataforma, columnas de pared de esquina, un marco del techo, paneles de pared y paneles del techo. Los elementos térmicos, que en conjunción con la estructura del edificio producir el fuego de resistencia, con tres capas de tablero de yeso aplicados al interior de la estructura y una "piel" interior de acero de calibre 20. Los elementos estructurales del edificio están conectados el uno al otro con remaches de núcleo sólido porque los remaches proporcionan una fuerza constante, predeterminado de conexión, siempre que los remaches están instalados correctamente.

De acuerdo el diseño, el edificio modular resistente al fuego descansa sobre una plataforma. La plataforma incluye un sumidero estanco a los líquidos dispuesta por debajo del piso del edificio para proporcionar contención secundaria para cualquier material almacenado en el material. La plataforma está diseñada para soportar la carga baja requerida, para formar los puntos de anclaje

de forma que las paredes y esquinas pueden sostener sus cargas y proporcionar puntos de anclaje exteriores para que la construcción se pueda conectar a la tierra como sea necesario.

La estructura contiene columnas de pared de esquina. Estos se adjuntan a la parte inferior de la plataforma con tornillos de acero inoxidable de 1/4 pulgadas, al marco del techo con una multitud de remaches sólidos de la base y a la pared de los paneles, sólo ambos bordes axiales están diseñados de un material extra pesado y tener un conjunto muy rígido en el marco del techo para resistir las estanterías de la estructura con vientos de 110 MPH donde una gran apertura de la puerta elimina la rigidez normalmente otorgada por los paneles de pared. (Estados Unidos Patente n° US5167098, 1991)

De acuerdo con la invención, la estructura contiene un marco de techo que consta de múltiples de vigas dispuestas paralelas entre sí, y dos cabeceras dispuestas perpendicularmente a las vigas y unidas a los extremos de la viga. La estructura del techo está conectada a las columnas de esquina, paneles de pared y paneles del techo con los remaches estructurales de núcleo sólido en tamaño y cantidad suficiente para resistir todas las cargas requeridas.

De acuerdo con la invención hay una pluralidad de paneles de pared. Estos son fabricados en chapa de acero y cuentan con un diafragma con vigas integrales sobre su circunferencia. Ellos se unen con remaches industriales a la estructura del techo, paneles de pared adyacentes o columnas de esquina y a la plataforma. Están diseñados para soportar el viento y cargas de explosión interna, para apoyar axialmente las cargas relativamente menores a las del techo y proporcionar rigidez a la estructura para resistir las cargas de viento durante el trasiego.

El elemento estructural final son los paneles del techo. Estos están unidos a la estructura del techo con remaches de núcleo sólido. Estos son, básicamente, un diafragma para arrojar la lluvia, pero también son paneles de cizallamiento para resistir trasiego en el plano horizontal.

De acuerdo con la invención, el primer elemento térmico es de tres capas de 5/8 pulgada de espesor que es una placa de yeso, unida a la superficie interior de la estructura. Las costuras de las tres capas de la placas de yeso se escalonan por lo que no está en ninguna parte una clara brecha entre las tablas. Cada hoja está unida de forma individual a la estructura (es decir, no se coloque tres hojas en contra de la estructura de la pared y sostenga a todos con una largo

sujetador) con tornillos auto perforantes. Esto da como resultado el debilitamiento o colapso de una pieza de placa de yeso que no comprometa la instalación de láminas adyacentes o menos expuestas. La placa de yeso resiste al fuego en virtud del agua retenida dentro de ella como se ha expuesto anteriormente.

De acuerdo con la invención, el segundo elemento térmico es un acero de calibre 20 interno aplicado a la superficie interna de la placa de yeso. Protege la placa de yeso de daño físico y químico. Por lo general tiene una pintura epoxi resistente a los químicos. Durante el fuego y la exposición que refleja algo de calor y ayuda a mantener la placa de yeso en su lugar, en virtud de su adhesión a través de la placa de yeso a la estructura con tornillos auto perforantes. También constituye la primera, aunque no la definitiva.

De acuerdo con la invención hay varias características que integran eficazmente los elementos térmicos y estructurales del edificio modular resistente al fuego. La estructura no sólo resiste a varios factores como viento, explosión, cargas, etc., sino que también proporciona el marco en el que se colgó la placa de yeso. La estructura fue diseñada de manera que el perímetro completo de cualquier extensión de la placa de yeso (una pared o un techo) está soportado de forma continua. Por último, los paneles de las paredes exteriores constituyen la principal barrera para el fuego y la prueba de resistencia al chorro de manguera. No es de tres capas de placas de yeso que han sido certificados como poseedores de 2 horas en el fuego grado de resistencia de una pared que no soporta carga, que es de tres capas de placas de yeso con una piel de acero de calibre 20 en un lado y paneles de pared de acero en la otro que ha sido certificado.

Mediante la combinación de las características del diseño, el edificio es apropiado para el almacenamiento de materiales tóxicos e inflamables que requieren resistencia al fuego y a la explosión. Integra todos los elementos estructurales y térmicos pertinentes para que todas las piezas contribuyan plenamente al diseño y satisfacer las necesidades específicas de un edificio de almacenamiento de materiales peligrosos.

### **Descripción de los planos.**

La invención puede tomar forma física en ciertas partes y disposiciones de partes, las realizaciones preferidas de las cuales se describirán en detalle y se ilustra en los dibujos adjuntos que forman parte de la misma y en donde:

FIG. 1 es una vista en perspectiva, en alzado frontal de una construcción modular resistente al fuego;

FIG. 2 es una vista a través de la línea 2-2 de la figura. 1 parcialmente cortada para ilustrar la estructura interna del edificio;

FIG. 3 es una vista a través de la línea 3-3 de la figura. 1, parcialmente en corte para ilustrar la estructura interna del edificio;

FIG. 4 es una vista a través de la línea 4-4 de la figura. 1 que ilustra el montaje de una partición interior a la estructura y los paneles exteriores;

FIG. 5 es una vista en perspectiva que ilustra una columna de esquina y su adhesión a la plataforma de soporte del edificio;

FIG. 6 es una vista en perspectiva de un panel exterior y la interconexión con un panel exterior adyacente se muestra por líneas de puntos;

FIG. 7 es una vista en sección a través de paneles exteriores adyacentes que ilustran su interconexión y fijación con un remache sólido;

Figs. 8A-8E ilustran una columna de esquina unido a paneles exteriores en forma esquemática y los detalles de la fijación progresiva y sujeción de las tres capas de placas de yeso y la placa de chapa interior a la misma; y

FIG. 9 es una vista en sección que ilustra la partición interior y su fijación a una junta de conexión integral entre paneles exteriores adyacentes.

**Propuesta de Materiales y estructura para evitar incendios causados por recalentamientos de conexiones eléctricas y propagación a través del cielo falso en los establecimientos comerciales.**

La figura 1 es una vista en perspectiva de la parte superior de un techo suspendido que muestra miembros de suspensión y paneles de techo en lugar;

La Figura 2 es una vista en perspectiva ampliada de uno de los principales miembros de suspensión de la figura 1;

La Figura 3 es una vista aérea lateral de una parte principal de un miembro de suspensión que muestra su apoyo en detalle;

La figura 4 es vista aérea lateral de un miembro de suspensión en cruz;

La figura 5 es una vista aérea superior del miembro transversal de suspensión mostrado en la Figura 4;

La Figura 6 es una vista aérea superior de una porción del techo suspendido que se muestra durante un incendio;

La figura 7 es una vista aérea lateral de la parte del techo suspendido tomada a lo largo de la línea 7-7 de la Figura 6;

La Figura 8 es una vista aérea superior de una porción corta de un miembro de suspensión principal mostrando su condición abrochado;

La Figura 9 es una vista aérea lateral que muestra el miembro de suspensión principal de hebilla de la Figura 8; y

La Figura 10 es una vista en perspectiva de una forma alternativa de miembro de suspensión principal.

Los paneles ZTL pueden estar en varios tamaños. Sólidos rectangulares 2 pies de ancho por 4 pies de largo y unas 0.8" de espesor. Para mayor comodidad, pueden ser 2 pies de ancho por 2 pies de largo y unas 0.8" de espesor. Los paneles 20 están hechos de una combinación de lana mineral con un aglutinante adecuado, y son capaces de permanecer intacto incluso a temperaturas de hasta aproximadamente 1 100° C, durante períodos superiores a una hora.

Los principales miembros de suspensión 22 pueden ser de cualquier longitud, pero preferiblemente con 12 pies de largo. Para mayor comodidad, sin embargo, los miembros principales de la suspensión, como se ilustra, tiene 8 pies de largo. El miembro 22 comprende

una porción de banda vertical 25, una cabeza superior 27, y las bridas 28 y 29 se extiende hacia fuera en lados opuestos de la parte 25 y perpendicular a la misma. El miembro de suspensión principal 22 está hecho de una pieza integral de la hoja de metal con el cordón de la parte superior 27 y las bridas 28 y 29 formada doblando una pieza plana de metal stock de alrededor de 0.025" de espesor por operaciones de formación adecuados. La cabeza 27, aunque se muestra con una configuración particular, puede ser de cualquier forma adecuada para actuar como un miembro de refuerzo a lo largo de la parte superior del miembro de suspensión principal miembro de suspensión 22. El miembro 22 es de aproximadamente 1/2 "de altura desde el fondo de las bridas 28 y 29 a la parte superior de cabeza 27. Los principales miembros de suspensión 22 están fijados a un soporte encima de la cabeza por medio de cables 31. En la instalación, los cables 31 están asegurados a través de orificios 33 en el tejido 25 de miembro de 22 y luego al soporte overead. El miembro 22 está espaciado a cuatro pies de distancia entre sus líneas centrales longitudinales y niveladas de modo que las bridas 28 y 29 de cada miembro 22 se encuentran en el mismo plano horizontal.

La habitación en la que está instalado el sistema de suspensión del techo tiene paredes laterales 34 contra los extremos de los miembros principales de suspensión 22 se apoyan y se mantienen firmemente en su lugar. Por lo tanto, los principales miembros de suspensión 22 están constreñidos en 7 contra la expansión longitudinal mediante paredes laterales 34. (Estados Unidos Patente n° US3159252, 1961)

Para una más detallada integrantes 22 de la suspensión principal, se puede hacer referencia a las Figuras 2 y 3. En la fabricación de los principales miembros 22 de la suspensión, cabe señalar que la parte 28 es de doble espesor, el miembro superior de la brida se forma doblando la primer malla hacia el exterior en ángulo recto y luego doblando la pieza que se extiende por debajo y más allá de la malla 25 para formar la brida 29. Para dar rigidez adicional a la brida 29, una pequeña sección de la misma se pliega atrás a lo largo de su longitud. A intervalos de aproximadamente dos pies, la malla 25 tiene un par de ranuras 33 y 39 de corte para la recepción y con objetivo de extender los dedos de apoyo a los miembros de suspensión transversal 23. Las ranuras 38 y 39 son parte estrecha pero alargada de 44 se hace en la parte superior de la parte 28, dejando una porción de fortalecimiento delgada 45, cerca del eje exterior de la brida 28. Esta porción refuerzo 46 es la misma sección ancha 35 de manera que las bridas 28 y 29 son similares

en la rigidez en este área. Con el fin de prever la expansión de grano 27, como proporción sobre la longitud de algunas pulgadas y sustancialmente en coincidencia con la ranura 42, es provista como se muestra en la figura 3, el miembro de suspensión principal 22 es colgado de una vigueta de sobrecarga: 49 por percha de alambre 31; cabe recordar que la brida 28 es de doble veces de espesor debido al proceso de fabricación, y por lo tanto la ranura 44 se corta en el mismo modo que las bridas relativos a la 23 y 2? en esta área son iguales. También se recordó que la miembro de suspensión principal 22 es de aproximadamente 12 pies de largo, aunque se muestra como 0.8 pies de largo, y por lo tanto los grupos de ranuras 38, 39, 42 y 44 están colocados a intervalos equidistantes de unos 2 pies, 4 pies, 6 pies, 8 pies y 10 pies de distancia de un extremo del miembro de suspensión principal 22. La separación de los grupos de ranuras se determina por las dimensiones de la baldosa acústica o paneles 26 para ser utilizado. Para los paneles 2 pies a lo largo del sistema de suspensión principal, el espaciamiento es 2 pies; para paneles de 4 pies 1 a lo largo del sistema principal de la suspensión, la separación puede ser 4 pies, si se desea miembro 22, en cada extremo, está rasurado en una manera similar a la que en su centro, pero tiene sólo una ranura 47 en la malla 25 y las ranuras 50 y 52 que son aproximadamente la mitad de la longitud de las ranuras 42 y 44. El miembro de suspensión principal correspondiente 22, que se adjunta en alineación espaciada con el miembro 22 de suspensión, tiene ranuras correspondientes en el mismo.

Los miembros de suspensión transversales 23 se muestran en mayor detalle en las figuras 4 y 5. La Figura 4 muestra miembro 23 en alzado lateral tiene una porción de alma y el ala 61 que se extiende en los ángulos derechos hacia fuera del mismo. Miembro de la hoja 23 es similar a la de miembro de la suspensión principal 22, la cabeza principal 62 prevé el fortalecimiento de la parte superior de la cruz del miembro. Desde el lapso de miembros transversales 23, como se muestra en la Figura 1, son cuatro pies de largo, se ha encontrado deseable proporcionar por deformación en la porción central del tramo. Por esta razón una ranura 65 correspondiente una ranura 42 en el miembro de suspensión principal 22 se proporciona en la malla 60 una brida es integral y la misma extensión que la tela en a lo largo de su menor eje menor excepto, para la parte subyacente ranura 65. Además, a la cima del grano 62 tiene una parte recortada 67 situado inmediatamente por encima y en coincidencia con la ranura 65. Como se muestra en la Figura 5, la brida 61, que es a doble grosor de la forma de la brida 28 del miembro de suspensión 22 principal, también está rasurado como en el 76. Como puede verse en la figura 5, un único

espesor de la brida 72 se extiende hacia fuera desde la malla 60 en una dirección opuesta que es de la brida 61. Cabe señalar que las bridas 51 y 72 están rebajadas desde los bordes transversales de la malla 69. Esto se hace para que en el montaje, las bridas 61 y 72 son coplanarias con los rebordes 28 y 29 de los principales elementos de suspensión 22, mientras que los bordes transversales de la malla tope con la malla 25 del miembro de suspensión 22 principal.

Con el fin de asegurar miembro de suspensión transversal 23 en la alineación adecuada con los principales elementos de suspensión 22, se extiende hacia fuera los dedos 75 y están unidos a la porción superior de la malla 60 y se extienden hacia fuera. Puede verse fácilmente, los dedos 75 y 76 tienen fin ligeramente fuera del set.

Haciendo referencia ahora a la Figura 1, se observará que el dedo final del 75 está insertado en la ranura 38 de un corredor principal, mientras que en el fin del 81 de dedo 76 está insertado en uso 39 de la siguiente, miembro principal paralelo adyacente espaciada en la suspensión 22.

Con el fin de sujetar firmemente el miembro de suspensión transversal 23 en su lugar, las cuñas 85 y 86 pueden ser forzadas en las ranuras 89 y 9 respectivamente, después del montaje del sistema de suspensión.

En la instalación, los principales miembros de suspensión 22 con el 7 fijado en la posición y alineación en sus ejes verticales y planos horizontales adecuados. Miembros suspensión en cruz 23 se colocan en posición y encerrados en su lugar. Tras el montaje del sistema de suspensión, los paneles individuales del 2% son insertados.

La operación del sistema de suspensión único del horno y se suspendió en la manera ilustrada en la figura 1. El horno se calentó entonces a una temperatura de alrededor. 2000 F. en la zona debajo del techo. Los paneles individuales 2% se encontraron a inclinarse hacia abajo con la cantidad máxima de desplazamiento en su certeza como puede verse en las figuras 6 y 7, los paneles 29 encogidos ligeramente en longitud y anchura. Sin embargo, la cantidad de contracción no es lo suficiente para causar una abertura entre las bridas 28, 29, 61, y 72 sobre los que descansaban. Los principales elementos de suspensión 22 se expandieron a lo largo, pero debido a que se vieron limitados en sus extremos que se dobló en las áreas de las ranuras 59, 42 y 4 planos horizontales en la que se instaló originalmente. La ranura 42 causa se corta en la web 25, las bridas 28 y 29 de mayo de proa ya sea arriba o hacia abajo. Es parte de las bridas

invariablemente inclinarse hacia atrás, solamente una ranura delgada podría ser utilizado. Sin embargo, como hay la posibilidad de inclinarse hacia arriba, se ha encontrado deseable hacer ranura 42 de profundidad suficiente para acomodar la cantidad de inclinación hacia arriba que pueden ocurrir; es obvio que a menos que se permitió el pandeo controlado de las secciones intermedias del principal Frunner, todo el corredor habría sido distorsionada. Esta distorsión bien podría permitir azulejo 2% para caídas a través, y por lo tanto destruir la integridad del techo.

Al mismo tiempo, "los miembros de suspensión más cortos 23 doblaron casi de la misma manera de sus puntos a mediados de nuevo permiten la deformación controlada, el hollín es la principal medida que pueden ver más claramente en las figuras 8 y 9, la porción de alma" 25 se inclinó del plano vertical para compensar. La expansión a lo largo de la longitud de la principal porción de suspensión de miembros de suspensión 23 se mantiene en los mismos planos verticales y horizontales en el que fueron originalmente suspendidos.

El miembro de suspensión 22 se muestra en las figuras 1-3 es de construcción desequilibrada, en el que la brida 28 se compone de un doble espesor de metales en comparación con la brida 29. La Figura ilustra una forma alternativa de principal 22 a cada miembro de suspensión en la que el miembro es de construcción equilibrada. Se puede ver que la parte de alma 25 a 22 de miembro de suspensión comprende una doble banda que tiene dos paredes dependiendo de metales con bridas 85 y 86 que se extienden hacia fuera desde la parte de alma 25. En esta construcción, ya que no hay doble espesor de cualquiera de brida 85 o 86, las porciones de brida se extienden necesitan no tienen ranuras cortadas en la misma correspondiente a las ranuras 44 de larguero principal 22 mostrado en las Figuras 1 y 2. La figura 10 se modifica adicionalmente mediante el corte de una par de ranuras 95 y 96 situadas en el borde inferior de las dos paredes 25a de la tela en cada lado de un agujero central de suspensión 100 alargado ranuras 102 y 193 se proporcionan para la recepción de los dedos de los miembros de suspensión transversales de la manera descrita anteriormente. 27a talón superior está provista de un par de recortes 105 y 106 para permitir la expansión de la perla sin distorsión indebida. Cabe señalar que web 25a se corta con ranuras 110 y 111 inmediatamente por debajo de los recortes 105 y 196 de talón 27. La altura reducida de 25a web causada por los cortes 95, 96, 110 y 111, permite a la hebilla más fácilmente sobre la aplicación de calor.

En resumen, la presente invención está dirigida a un sistema de suspensión novedoso que tiene propiedades inusuales de estabilidad bajo condiciones de calor extremo. Los miembros individuales de suspensión están contruidos de modo que se abrochan en puntos espaciados predeterminados de modo que la expansión lineal del metal no causa los miembros de suspensión apartarse de embargo posiciones preestablecidas en los planos verticales en los que se instalan. El sistema es adaptable a los paneles acústicos de varias dimensiones, y es del tipo universal, de modo que las partes uniformes pueden ser utilizadas en todo el techo. Además, se han ilustrado dos tipos equilibradas y desequilibradas de construcción. (Estados Unidos Patente nº US3159252, 1961)

Aunque se ha establecido aquí el mejor modo de la invención conocido por el solicitante, ciertos reordenamientos, cambios y alteraciones se les ocurrirán a los expertos en la técnica, y se pretende que tales reordenamientos, cambios y alteraciones se incluyen dentro de la alcance de las reivindicaciones adjuntas.

Un miembro de suspensión para un sistema de suspensión del techo que comprende una porción de banda central alargada que tiene una ranura en su borde inferior entre sus extremos, un refuerzo del talón discontinua se extiende integralmente con dicha porción de banda a lo largo del borde superior de la misma, siendo la discontinuidad en registro con dicho ranura en dicha porción de alma, y un par de pestañas que se extienden transversalmente a dicha porción de banda, uno de dichos rebordes está formado por dos láminas plegadas una sobre la otra, la superior de hojas que tiene una ranura en el mismo en registro con dicha ranura en dicha porción de banda, la longitud restante de dicho uno superior de dichas láminas estando conectados integralmente a y a lo largo del borde inferior de dicha porción de alma, y la otra de las bridas de ser una extensión del plano inferior de dicho uno de dichos dos hojas.

Un miembro transversal de suspensión para un sistema de suspensión del techo para el uso con un miembro de suspensión principal, dicho elemento principal que se extiende hacia el exterior suspensión que tiene bridas a lo largo de su borde inferior, comprendiendo dicho miembro transversal suspensión una porción de banda alargada que tiene una ranura en su borde inferior entre sus extremos, un refuerzo del talón discontinua se extiende integralmente con dicha porción de banda a lo largo del borde superior de la misma, siendo la discontinuidad en registro con dicha ranura en dicha porción de alma, una brida que se extiende transversalmente a dicha

porción de alma, y está conectado integralmente a y a lo largo de la dijo borde inferior de la misma, excepto para la parte de dicha pestaña subyacente de dicha ranura en dicha porción de banda, dicha brida siendo más corta que dicha porción de alma de dicho miembro transversal de suspensión en cada extremo del mismo en una cantidad igual a la longitud transversal de dicha pestaña de dicho principal miembro de suspensión, dicho elemento transversal suspensión que tiene además un par de dedos cada uno conectado a dicha porción de banda se extiende hacia fuera y longitudinalmente de éstos, en los extremos respectivos de los mismos.

Un sistema de suspensión de techo en la forma de una rejilla que comprende miembros de suspensión principales espaciados uniformemente, medios para la suspensión de dicho principales miembros de suspensión en relación paralela espaciada, cada uno de dichos miembros principales de suspensión que comprende una porción web central alargado que tiene una primera ranura en su menor el borde entre sus extremos y un par de ranuras alargadas dispuestas transversalmente a la dimensión longitudinal de dicha porción de alma central y simétricamente espaciadas con respecto al punto central de dicha primera ranura, un refuerzo del talón discontinua se extiende integralmente con dicha porción de banda a lo largo del borde superior de la misma discontinuidad ser entre dicha espaciadas ranuras alargadas, y que se extiende una brida, dijo transversalmente a dicha porción de banda y estando conectado integralmente a y a lo largo del borde inferior de la misma, excepto para la parte de dicha brida subyacentes a dicho primera ranura en dicha porción de alma, y la suspensión en cruz de los miembros conectados transversalmente a dicho principales miembros de suspensión, dicho elemento transversal suspensión que tiene dedos se extienden hacia afuera en cada extremo de la misma entrada en las respectivas de dichas ranuras alargadas.

Un sistema de suspensión de techo en la forma de una rejilla que comprende miembros de suspensión principales espaciados uniformemente, medios para la suspensión de dicho principales miembros de suspensión en relación paralela espaciada, cada uno de dichos miembros principales de suspensión que comprende una porción web central alargado que tiene una primera ranura en su menor el borde entre sus extremos y un par de ranuras alargadas dispuestas transversalmente a la dimensión longitudinal de dicha porción de alma central y simétricamente espaciadas con respecto al punto central de dicha primera ranura, un refuerzo del talón discontinua se extiende integralmente con dicha porción de banda a lo largo del borde

superior de la misma discontinuidad ser entre dicha espaciadas ranuras alargadas, y que se extiende una brida, dijo transversalmente a dicha porción de banda y estando conectado integralmente a y a lo largo del borde inferior de la misma, excepto para la parte de dicha brida subyacentes a dicho primera ranura en dicha porción de alma, miembros cruzada de suspensión conectado transversalmente a dichos miembros principales de suspensión, cada uno de dichos miembros transversales de suspensión que comprende una porción de banda alargada que tiene una ranura en su borde inferior entre sus extremos, un refuerzo del talón discontinua se extiende integralmente con dicha porción de alma de dicho .Miembro transversal suspensión a lo largo de la borde superior de la misma, siendo la discontinuidad en registro con dicha ranura en dicha porción de alma de dicho miembro transversal de suspensión, una brida que se extiende transversalmente a dicha porción de alma de dicho miembro transversal de suspensión y estando conectado integralmente a y a lo largo del borde inferior de la misma, excepto para dicha la parte de dicha pestaña subyacente de dicha ranura en dicha parte de la malla, dicho miembro transversal de suspensión, la brida de ser más corta que dicha porción de alma de dicho miembro transversal de suspensión en cada extremo del mismo en una cantidad igual a la longitud transversal de dicha pestaña de dicho dijo miembro principal suspensión, dicho miembro transversal de suspensión, que tiene además un par de dedos, cada uno conectado a la misma y se extiende hacia fuera longitudinalmente de éstos, en respectivos extremos de la misma, estando posicionados los dedos y bloqueado en su lugar en las respectivas de dichas ranuras alargadas de dichos miembros principales de suspensión , y los paneles incombustibles colocados dentro de las áreas formadas por dicha rejilla y que descansa sobre dichas bridas transversales de dichos miembros principales y transversal de suspensión.

## **7. CONCLUSIONES.**

Después de analizar todos los tipos de construcción proporcionados por la Asociación Nacional de Protección Contra Incendios, vemos las grandes limitantes que poseen nuestras construcciones principalmente los locales comerciales presentes en los mercados en materia de su capacidad de resistir los incendios. Construcciones que presentan una resistencia tan baja a los efectos del fuego, favorecen al agrandamiento de las pérdidas económicas que anualmente se registran en el país.

En las pruebas experimentales realizadas en los laboratorios de la UNAN – Managua así como demostraciones ante los miembros de la dirección general de bomberos se determinó que la aplicación de materiales pirorretardantes contribuyen de manera muy significativa en la reducción del tiempo de ignición de los elementos estructurales, la reducción de pérdidas económicas asociadas con la combustión interna de los materiales y la propagación de las llamas a través de los módulos de cualquier local.

Si se realiza la aplicación de materiales pirorretardantes en las superficies de los elementos estructurales de los establecimientos comerciales, se reduce el riesgo de incendios y las emisiones de gases disminuyen en un 85%.

Las pérdidas económicas registradas en Nicaragua en fuentes oficiales ocasionadas por incendios en establecimientos comerciales ascienden a más de los 200 mil dólares solo en el año 2015, ocasionó la muerte de 3 persona, con la aplicación de materiales se reduciría notablemente los daños causados por estas variantes. El reforzamiento de los materiales estructurales con recubrimientos pirorretardantes aumenta el tiempo de ignición de los materiales estructurales al menos en 10 veces a lo recomendado por las normas internacionales NFPA.

## **8. RECOMENDACIONES.**

Se recomienda cumplir con las Normas Internacionales rectoras en la materia de protección contra incendios, NFPA 255 para la correcta selección de los materiales estructurales a utilizar en el diseño del edificio comercial, la Norma NFPA 70 encargada de la gestión de la distribución de las conexiones eléctricas y la correcta instalaciones en los domicilios, la norma NFPA 101 que establece los parámetros mínimos necesarios para cualquier elemento que forme parte del establecimiento.

Utilizar equipos que mitiguen la propagación de incendios sugeridos en el Manual de Protección contra Incendios de la NFPA y las correctas sustancias piro retardantes usadas como recubrimientos en los materiales destinados para la construcción de los edificios.

Se recomienda cumplir con los requisitos de seguridad mínimo en relación a las conexiones eléctricas, que son causantes del 51% de los incendios en Nicaragua.

## 9. BIBLIOGRAFÍA.

- ASTM. (2001). *Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials*. Washintong D. C.: ASTM.
- Atkins, P., & Shriver. (2008). *Química Inorgánica*. Mexico, D. F.: McGraw-Hill Interamericana.
- Blackwelder, P. (1991). *Estados Unidos Patente nº US5167098*.
- Cortes, J. M. (2008). *Instalaciones Contra Incendios*. Barcelona, España: UOC. Obtenido de <https://books.google.com.ni/books?id=p3vbshBJr60C&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Cotts, R. (1961). *Estados Unidos Patente nº US3159252*.
- estandarización, O. I. (2005). *International Organization for Standardization*. Recuperado el 25 de octubre de 2014, de <http://www.iso.org/iso/home.html>
- Eugenio Muñoz Camacho, M. G. (Abril de 2013). Ingeniería Química. Madrid, España. Obtenido de <http://books.google.com.ni/books?id=EES6nXZJbaMC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Frank P. Incropera, D. P. (1999). *Fundamentos de Transferencia de Calor*. Mexico: Pearson. Obtenido de <http://books.google.com.ni/books?id=QqfJw4tpIjcC&printsec=frontcover>
- GENEVA. (2013). *World Fire Statistics*. Geneva, Suiza: GENEVA.
- Microsoft Corporation. (2008). Student and Program Managment ENCARTA. Wisconsin, Redmond, USA.
- Ministerio del Trabajo. (19 de Abril de 2007). Obtenido de <http://www.mitrab.gob.ni/documentos/leyes/Ley618Nic.pdf/view>
- Miravete, A. (2003). *Materiales Compuestos* (Vol. I). Barcelona, España: Reverté S.A. Obtenido de <https://books.google.com.ni/books?id=U5nVkSbiqtoC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- NFPA. (2000). *Standard Method of Testof Surface Burning Characteristics of Building Materials*. Quincy: NFPA.
- NFPA. (2003). *Manual de Protección Contra Incendios* (Quinta edición ed., Vol. II). (I. J. Ing. Jaime Moncada Pérez (CEPI), Ed., & B. Sabogal, Trad.) Quincy, Massachussets, EE.UU.
- NFPA. (2015). *NFPA Latinoamerica*. Recuperado el 29 de Junio de 2015, de <http://nfpajla.org/columnas/punto-de-vista/376-documentacion-y-estadisticas-de-incendios>
- Nutsch, W. (2000). *Tecnología de la Madera y del mueble*. (N. y. VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL, Ed., & J. C. Bueno, Trad.) Barcelona, España: REVERTE S.A. Obtenido de <http://books.google.com.ni/books?id=ii1i7ZCDDuYC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

- Ortuño, A. V. (1994). *Introducción a la Química Industrial*. Barcelona, España: Reverté S.A. Obtenido de <http://books.google.com.ni/books?id=Rkk04SmHTKEC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Pávlov, P. (1987). *Física del Estado Sólido*. Rusia: Mir Moscú.
- Petrucchi, R. H., William S, H., & Herring, F. G. (2003). *Química General* (Octava ed.). Madrid, España: Prentice Hall.
- Real Academia Española. (2009). *Diccionario de la Lengua Española*. D. F. Mexico: Larousse.
- Real Academia Española. (2012). *Diccionario Práctico del Estudiante*. España: Santillana Ediciones Generales, S.L.
- Rivas, F. M. (2005). *Escayolas y Tabiquería en Seco*. Barcelona, España: Ediciones Ceac S.A. Obtenido de [http://books.google.com.ni/books?id=Qs\\_S3aL-hYwC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.ni/books?id=Qs_S3aL-hYwC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false)
- Rodríguez, J. N. (2008). *Instalaciones de Protección Contra Incendios*. Madrid, España: FC EDITORIAL. Obtenido de <https://books.google.com.ni/books?id=4AgbP18SlxgC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Rougeron, C. (1997). *Aislamiento Acústico y termico en la construcción*. Barcelona: Editores Tecnicos Asociados S.A. Obtenido de <http://books.google.com.ni/books?id=l62bH8f9AJYC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Rougeron, C. (1997). *Aislamiento Acústico y termico en la construcción*. Barcelona: Editores Tecnicos Asociados S.A.
- Rougeron, C. (1997). *Aislamiento Acústico y termico en la construcción*. Barcelona: Editores Tecnicos Asociados S.A. Obtenido de <http://books.google.com.ni/books?id=l62bH8f9AJYC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Theodore Brown, E. L. (2004). *Química La Ciencia Central*. D. F. Mexico: Pearson Education.
- Theodore L. Brown, H. E. (2004). *Química, La Ciencia Central* (Novena Edición ed.). (G. T. Mendoza., Ed.) México: Pearson, Prentice Hall.
- UL. (2003). *Fire Tests of Building Construction and Materials*. Northbrook: UL.
- United States Gypsum Company. (2000). *The Gypsum Construction Handbook* (Quinta Edición ed.). (W. L. Grupe, Ed., & L. P. Jim Jannig, Trad.) Estados Unidos.
- Vértice, E. (2010). *Prevención de Incendios*. Málaga, España: VERTICE. Obtenido de <https://books.google.com.ni/books?id=DkmmS7poEkoC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

## 10. ANEXOS.

Formato para realizar las entrevistas a los docentes.

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA</b> <b>UNAN-Managua</b>	
<b>Entrevistado:</b>	<b>Cargo:</b> Docente
<b>Fecha:</b>	Motivo: Determinar cómo está el nivel de conocimiento en los docentes encargados del área de construcción de la UNAN-Managua, para así hacer una evaluación superficial en cuanto a las construcciones existentes en el país.
Realizado por los estudiantes egresados de la carrera ingeniería Industrial y de sistemas productivos para la elaboración la tesis de graduación: Maykol Salazar Betanco y Wilmer Sequeira Calero	
<ol style="list-style-type: none"><li>1. ¿Conocen de los materiales de construcción resistente al fuego?</li><li>2. ¿Tienen conocimiento de regulación en las leyes de nuestro país en cuanto al uso de materiales resistente al fuego en las construcciones?</li><li>3. ¿Conoce usted las disposiciones internacionales (ejemplo NFPA) en cuanto las características constructivas?</li><li>4. ¿Cuáles son los materiales de su conocimiento que cumplen con las especificaciones de reducir los daños estructurales durante un incendio?</li><li>5. ¿Cree que el gobierno debe de imponer leyes más estrictas en cuanto al uso de estos materiales para la seguridad de las personas?</li><li>6. ¿El nivel con que se aborda los temas de resistencia al fuego en los materiales de construcción es?</li></ol>	

## **NORMA TÉCNICA OBLIGATORIA NICARAGÜENSE DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS, REQUISITOS GENERALES**

**NTON 22 001-04;** Aprobado el 1º de Abril del 2004

Publicado en La Gaceta N° 12; del 18 de Enero del 2005

### **CERTIFICACIÓN**

El suscrito Secretario Ejecutivo de la Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, **CERTIFICA:** Que en el Libro de Actas que lleva dicha Comisión, en las páginas 079, 080, 081, 082, 083, 084, 085, 086 y 087 se encuentra el Acta No. 003-04 la que en sus partes conducentes íntegra y literalmente dice: "En la ciudad de Managua, a las nueve y cincuenta minutos de la mañana del día veinticinco de octubre de dos mil cuatro, reunidos en el auditorio del Ministerio de Fomento, Industria y Comercio, MIFIC, los miembros de la Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, que acudieron mediante notificación enviada con fecha once de octubre de dos mil cuatro, la cual consta en archivo y que contiene, además, la Agenda de la presente reunión, hora, lugar y fecha conforme lo establece la Ley, está presente los siguientes miembros: Lic. Luis Dinarte, del Ministerio Agropecuario Forestal; Dr. Norman Jirón Romero del Ministerio de Salud; Lic. Guillermo Arana Noguera del Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales; Lic. Clemente Balmaceda del Ministerio de Transporte e Infraestructura; Ing. Luis Gutiérrez en representación del Instituto Nicaragüense de Energía; Dr. Gilberto Solís en representación de la Cámara de Industrias de Nicaragua; Ing. Evenor Masís del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados y el Dr. Julio César Bendaña, Secretario Ejecutivo de la Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad. Como delegados ausentes en esta sesión de la Comisión: Dr. Carlos González de la UNAN-LEON; Lic. Carmen Hilleprant representante de CACONIC; Lic. Manuel Callejas de la Unión de Productores Agropecuarios de Nicaragua; Lic. Salvador Robelo del Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correos; Lic. Luis Martínez del Ministerio del Trabajo. Como invitados especiales: Carlos Mejía del MARENA; Marcela Nissen del MARENA; Arcadio Chozal del MARENA; Roberto López del MTI; Ligia Calderón del MTI; Víctor Fonseca del MAGFOR; Marlene Vargas del MAGFOR; Agustín Chavarría de O[RSA; Mario Aguilar de OIRSA; Pedro González de Servicios de Logística Chiquita; Ing. Noemí Solano del MIFIC; Guillermo

Gosebrah de CONARE; Freddy Trejos de CONARE; Lic. Karelia Mejía del MIFIC y Lic. Loyela Jiménez del MIFIC. Habiendo sido constatado el quórum de Ley siendo este el día, hora y lugar señalados se procede a dar iniciada la sesión del día de hoy, presidiendo esta sesión el Lic. Luis Dinarte del Ministerio Agropecuario y Forestal, vicepresidente de la Comisión, quién la declara abierta. A continuación se aprueban los puntos de agenda que son los siguientes...(partes inconducentes) 10-04... Aprobar cada una de las Normas Técnicas Obligatorias Nicaragüenses y Normas Técnicas Nicaragüenses tal y como fueron presentadas, a saber: ...(partes inconducentes) **NTON 22 001-04** Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense de Protección Contra Incendios. No habiendo otros asuntos que tratar, se levanta la sesión a las doce del mediodía del día veinticinco de octubre del dos mil cuatro. Lic. Luis Dinarte Ministerio Agropecuario y Forestal y Vicepresidente de la Comisión y Dr. Julio César Bendaña, Secretario Ejecutivo de la Comisión de Normalización Técnica y Calidad. Es conforme con su original, con el cual fue debidamente cotejada por el suscrito Secretario Ejecutivo a solicitud de la Dirección General de Bomberos para su debida publicación en “La Gaceta, Diario Oficial”, extendiendo esta CERTIFICACIÓN la que firmo y sello en la ciudad de Managua a los dieciocho días del mes de agosto de dos mil cuatro. **Julio César Bendaña J.**, secretario Ejecutivo, Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad.

**NORMA TÉCNICA OBLIGATORIA NICARAGÜENSE DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS NTON 22 001-04**

La Norma Técnica Obligatoria denominada **NTON 22 001-04** Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense para la protección contra incendios requisitos generales utilizado en el Comercio Internacional en su elaboración y preparación participaron las siguientes personas:

Salvador	Gallo	Dirección General de Bomberos
Héctor	Coronado	Dirección General de Bomberos
Johanna	Lazo	MTI

Evert	Rivera	MTI
Xavier	Sandino	INE
Carlos	Salazar	MITRAB
Mirian	Gaitán	INSS
Karelia	Mejía	MIFIC
Alejandro Mena		MIFIC

Esta Norma fue aprobada por el Comité Técnico en su última sesión de trabajo el día 1° de abril de 2004.

## **NORMA TÉCNICA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS REQUISITOS GENERALES**

### **1. OBJETO**

1.1 La presente Norma tiene por objeto establecer las medidas mínimas que en materia de protección contra incendios deben adoptarse para la protección y seguridad de las personas y los bienes.

### **2. AMBITO DE APLICACIÓN**

2.1 Las Disposiciones de esta Norma se aplicarán a todos los establecimientos y edificaciones existentes, tanto públicos como privados, en los que se realicen actividades Industriales, Comerciales, Hospitalarios, Docentes y en general en todos aquellos donde se lleve a cabo habitualmente reuniones o aglomeraciones de personas.

### **3. DEFINICIONES**

**3.1 Categoría de peligro de incendio o explosión:** Clasificación que se asigna a las instalaciones industriales, sociales y de servicio en conjunto y a sus distintas áreas o secciones en forma independiente, tomando en cuenta el grado de peligrosidad de incendio o explosión que presenten las sustancias, equipos y medios en proceso, instalados o ubicados en cada área o local. Ver anexo.

**3.2 Combustión:** Conjunto de procesos físico químicos en los cuales se producen reacciones de Oxidación rápida, acompañada de desprendimiento de calor, luz, humo y otros productos de la combustión.

**3.3 Equipos de protección contra incendios:** Conjunto de medios técnicos utilizados para la Prevención, la limitación de la propagación, la extinción y para la seguridad de las personas y los materiales.

**3.4 Estación de extinción con rociadores cerrados (“Sprinklers”):** Instalación de extinción de incendios con agua, equipada con rociadores normalmente cerrados y que se abren al alcanzarse una temperatura determinada en el local donde estén ubicados.

**3.5 Estación de extinción con rociadores abiertos:** Instalación de extinción de incendios con agua, equipada con rociadores normalmente abiertos y que son puestos en funcionamiento mediante un control manual o automático.

**3.6 Extintor de incendios.** Dispositivo portátil que contiene un agente extintor el cual puede expelerse bajo presión con el fin de eliminar o extinguir un fuego, puede ser portátil o de carretilla.

**3.7 Fuego:** Combustión caracterizada por una emisión de calor, humo, llama y productos de la combustión.

**3.8 Grado de resistencia al fuego.** Clasificación de las construcciones atendiendo al grupo de combustibilidad y al límite de resistencia al fuego de los materiales y elementos constructivos.

**3.9 Gases Combustibles:** Fluidos que al combinarse con el aire de composición normal, forman mezclas capaces de combustionar al elevarse su temperatura o en presencia de una fuente de ignición.

**3.10 Hidrante para incendio:** Equipo para la extracción de agua de la red conductora, con el fin de la extinción de un incendio.

**3.11 Incendios:** Fuego que se desarrolla sin control y que ocasiona pérdidas materiales.

**3.12 Ignición:** Inicio de la combustión

**3.13 Ignición espontánea:** Combustión de las sustancias sin una fuente externa de calor, a causa del auto calentamiento como resultado de un proceso químico, físico o biológico.

**3.14 Límite de resistencia al fuego:** Tiempo en horas (determinado experimentalmente) desde que comienza la prueba del elemento constructivo expuesto al fuego, hasta el surgimiento de una de las siguientes manifestaciones:

a) la formación de grietas en el elemento de construcción, por las cuales pasen productos de la combustión o llama.

b) El aumento de la temperatura en la superficie no expuesta al fuego, llegando como promedio a más de 413 K (140° c) o cuando cualquier punto de esta superficie adquiriera una temperatura mayor que 453 K (180°c) en comparación con la temperatura del elemento constructivo antes del experimento.

Si la temperatura alcanzada por la superficie es mayor que 493 K (220°c), independientemente de la temperatura del elemento antes experimentado, se considerara que este ha llegado a su límite de resistencia al fuego.

c) Pérdida de las propiedades soportantes del elemento de construcción.

**Nota:** Cuando se efectuó la prueba de resistencia al fuego de las paredes exteriores no se considerarán los incisos a y b.

**3.5 Líquidos Combustible:** Es un fluido que tiene un punto de inflamación igual o superior a los 100° F (37.8°C).

**3.16 Líquido Inflamable:** Es un fluido que tiene un punto de inflamación inferior a 100° F (37.8° c) y que tiene una presión de vapor que no sobre pasa las 40 lbs. por pulgadas.

**3.17 Manguera para incendio:** Conducto tubular flexible, equipado con cabezales de unión y que se utiliza para transportar la sustancia extintora.

**3.18 Pared contra fuego:** Elemento corta fuego que impide la propagación horizontal de incendio entre dos sectores contra incendios, durante un tiempo determinado.

**3.19 Punto contra incendio:** Local o área en el que se concentran los aparatos o equipos de control contra incendios.

**3.20 Resistencia al fuego.** Aptitud de un elemento de construcción, componente, equipo o estructura de conservar durante un tiempo determinado la estabilidad, la estanqueidad, el aislamiento térmico requerido y la no emisión de gases inflamables bajo los efectos del fuego.

**3.21 Salida de Emergencia:** Salida no usada habitualmente, que mediante un diseño apropiado puede ser usada, tras fracturar o accionar un dispositivo, para alcanzar una vía de evacuación que conduzca al exterior.

**3.22 Salida de Evacuación:** Salida que garantiza la evacuación hacia lugares más seguros o hacia el exterior.

**3.23 Sector contra Incendios:** Obra o parte de una obra que está protegida de los efectos de un posible incendio en una obra vecina o parte de ella por medio de paredes cortafuegos, entre pisos cortafuegos o ambos.

**3.24 Solido Combustible:** Sustancias sólidas a temperaturas y presión normales, que son capaces de mantener la combustión una vez retiradas la fuente ignición de los incendios.

**3.25 Temperatura de Ignición:** Menor temperatura a las cuales los materiales sólidos emiten gases capaces solamente de destellar al aplicárseles una fuente de ignición en presencia del aire, sin mantener la combustión, al reiterársele de dicha fuente.

**3.26 Vías de Evacuación:** Vía que conduce a la salida de evacuación que permite pasar de una zona con peligrosidad

#### **4. GENERALIDADES**

4.1 Todos los edificios establecidos en el inciso 2.1 de la presente norma contará con brigadas contra incendios y planes de emergencia.

4.2 Se permitirá fumar en los lugares establecidos para este fin, los cuales tendrán un área incombustible de 1 metro como mínimo; además se le situará cenicero con arena y letreros que indiquen “AREA PARA FUMAR”.

4.3 Se situarán letreros alusivos que indiquen “NO FUMAR” en todos aquellos edificios, áreas de almacenamiento, locales y otros donde éste prohibido.

4.4 La dirección y la administración serán los responsables de la capacitación, tanto teórico como práctico del jefe y miembro de la brigada contra incendio.

4.5 Para realizar cualquier tipo de trabajo que genera fuente de ignición (temperatura) se tendrá un equipo extintor de polvo químico seco o bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) cerca del área de trabajo.

4.6 Todos los equipos, máquinas e instalaciones tecnológicas serán operados solamente cuando su estado de seguridad técnico según el fabricante garantice la adecuada contra incendios.

4.7 La División entre locales con categoría de peligrosidad diferentes será mediante pared contrafuego de 2 horas de resistencia al fuego como mínimo.

4.8 Las paredes corta fuego no tendrán aberturas o cruces de tuberías, equipos u otros que permitan la propagación del incendio de un área a otra.

## **5. ORDEN Y LIMPIEZA**

5.1 Antes de abandonar el lugar de trabajo, los trabajadores revisarán que se hayan desconectado las maquinarias y equipos, no dejar residuos de Líquidos inflamables o combustibles y desperdicios de la producción.

5.2 Los pasillos, corredores, puertas, ventanas, extintores, tomas de agua, puntos contra incendios y los hidrantes estarán libres de obstáculos.

5.3 Se mantendrá un correcto orden y limpieza en el interior de los locales, talleres, bodegas y áreas de producción.

5.4 para la recolección de basura y desperdicios se situarán recipientes metálicos con su correspondiente tapa de igual material.

5.5 La incineración de los desperdicios o basuras se efectuará a más de 20 m. de cualquier edificación o equipos.

5.6 Eliminar la acumulación de polvos y residuos de la producción sobre los equipos o cerca de ellos, manteniendo los mismos completamente limpios.

5.7 Para la limpieza de piezas o equipos de trabajo con llama o soldadura eléctrica en áreas donde se almacenen productos combustibles o inflamables.

5.8 No se permite realizar ningún trabajo con llama o soldadura eléctrica en áreas donde se almacenen productos combustibles o inflamables.

5.9 Cualquier tipo de derrame de líquido inflamable o combustible será eliminado de inmediato.

## **6. ELECTRICIDAD**

6.1 Las instalaciones eléctricas y equipos en edificaciones donde existan concentraciones de gases polvos combustibles e inflamables serán a prueba de explosión.

6.2 Las instalaciones eléctricas y exteriores tendrán desconectivos independientes.

6.3 No se permitirá instalaciones eléctricas por encima de los edificios que tengan techos o cubiertas combustibles destinados a viviendas, producción o almacenamiento.

6.4 Se prohíbe sustituir los elementos de seguridad tales como fusibles o interruptores automáticos por cualquier medio no apropiado (alambre u otros.)

6.5 Se prohíbe la utilización de la caseta o local de controles eléctricos para otros usos. Estos locales permanecerán limpios, cerrados, con letreros indicativos y sólo se permitirá la entrada al personal técnico autorizado.

6.6 Los conductores eléctricos para cualquier tipo de instalación serán del diámetro apropiado, según la carga eléctrica aplicada a éste.

6.7 Los equipos eléctricos que no sean a prueba de explosión no se ubicarán en locales o áreas que tengan este tipo de peligrosidad.

6.8 El conductor de polarización a tierra podrá ser del tipo desnudo, con la capacidad necesaria para ésta función.

6.9 Los tubos, mástiles u otras bases del pararrayos no podrán ser utilizados como sistema de anclaje a tierra.

6.10 Los conductores eléctricos serán preferiblemente empotrados o soterrados en tubos de P.V.C o en su defecto sobre bandejas metálicas cuando los locales no presenten peligro de incendio o explosión.

6.11 En los centros de producción o servicios, así como administrativas y sociales podrá realizarse la Instalación eléctrica superficialmente, y con sus correspondientes aisladores eléctricos.

6.12 Todas las cajas de salidas y conexiones de conductores eléctricos. Tomacorrientes y otros tendrán su correspondiente tapa de protección.

6.13 El empalme de conductores se efectuará de forma correcta y hermética, cubriéndose con cinta aislante u otro accesorio destinado especialmente para este propósito.

6.14 Las iluminarias que se instalen en localidades con características húmedas, corrosivas o con peligro de incendio o explosión tendrán que ser del tipo específico al local,

6.15 Los empalmes de conductores sólo se podrán realizar en las cajas de conexiones.

6.16 En el interior de los edificios no se permite instalar transformadores eléctricos del tipo húmedo.

6.17 El banco de transformadores eléctricos superficiales que se encuentra a la intemperie estará protegido con una cerca metálica de 2 m de alto como mínimo.

6.18 El interior del banco de transformadores permanecerá limpio de hierba o cualquier otro material combustible.

6.19 Cada equipo eléctrico de uso especial contará con su desconectivo independiente a su toma-corriente.

6.20 Las luminarias en los locales con peligro de incendio o explosión o que puedan recibir mecánicos tendrán su protector adecuado.

## **7. CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO:**

7.1 En el interior de las bodegas (almacenes) se cumplirá lo siguiente:

a) Se dejará como mínimo 0.60m de separación entre las paredes y las estibas. Cuando las paredes tengan (columnas por ejemplo), los 0.60 m se medirán a partir de éstos salientes.

b) Se dejará 1m como mínimo de separación entre el techo del local y la parte superior de la estiba. Cuando existan instalaciones tecnológicas, luminarias o cualquier otra instalación se medirá a partir de ella.

c) Donde existan sistema de rociadores automáticos se dejará una separación de 0.45 m entre la estiba y el rociador.

d) Todo almacén de 15-40 m de ancho tendrá un pasillo central en toda su longitud de 2 m como mínimo.

e) Si el almacén tiene más de 40 m de ancho, el pasillo central será de 2 m cada 40 m de ancho como mínimo.

f) Las estribas se situarán de forma que los vientos predominantes soplen a través de los pasillos transversales.

7.3 En el caso específico para el almacenamiento de alimentos se cumplirá con la NTON 0341-03 Almacenamiento de Alimentos.

## **8. CORTE Y SOLDADURA:**

8.1 Se prohíbe realizar corte o soldadura en los locales con peligro de incendio o explosión.

8.2 Los cilindros de oxígeno, acetileno y GLP se mantendrán con sus respectivas tapas protectoras.

8.3 Los cilindros de gases se transportarán en carretillas metálicas y debidamente fijados.

8.4 Los cilindros de gases se mantendrán en posición vertical anclados a través de cadenas o correas a estructuras sólidas (pilares, paredes, etc.) o ubicados en estantes diseñados para tal fin.

8.5 No se permite el almacenamiento conjunto de los cilindros de oxígeno y acetileno en la misma área o local.

8.6 Se prohíbe abrir las válvulas de los cilindros de oxígeno, acetileno y gas licuado de petróleo dándole golpes.

8.7 Las mangueras serán sujetas con bridas en los manómetros evitando la utilización de alambres para esta función.

8.8 Los manómetros serán apropiados para este fin y deberán estar en buen estado de funcionamiento.

8.9 Las mangueras tendrán un largo mínimo de 10 m y serán de diferentes colores para cada tipo de gas.

8.10 Se mantendrá un radio de 5 m libre de cualquier producto combustible o inflamable desde el punto de soldadura.

8.11 Cuando se realicen pausas por espacio superior a 2 minutos durante la actividad, se deben cerrar las válvulas de los cilindros.

8.12 Cuando exista más de un equipo de soldadura operando, se ubicarán pantallas metálicas de 1.8 m de alto entre estos.

8.13 No se permite el almacenamiento de cilindros de oxígeno, acetileno o GLP en el área o taller de soldadura.

8.14 No se podrá efectuar ningún tipo de trabajo de soldadura sobre base de material combustible.

8.15 No se ejecutarán trabajos de soldadura o corte, en equipos recién pintados, en tanques de combustibles o líquidos inflamables que no hayan sido previamente desgasificados.

8.16 Si se realizan trabajos donde los pisos son combustibles se deberán proteger con cualquier material incombustible.

8.17 Cuando se efectúen trabajos de soldadura en niveles superiores se ubicarán los cilindros de oxígeno, acetileno o GLP a 5 m partiendo de la perpendicular del punto de soldadura.

## **9. PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS**

9.1 Los extintores se ubicarán a 1.20 m de la parte superior del equipo al piso.

9.2 Los extintores se mantendrán visibles y libres de obstáculos.

9.3 A los extintores se les colocarán señales de color rojo que indiquen su ubicación y sean visibles.

9.4 Cada extintor tendrá su correspondiente letrero o tarjeta que indique su tipo, uso, funcionamiento y fecha de carga y vencimiento.

9.5 Los extintores se revisarán cada 3 meses como máximo comprobándose que:

a) La presión sea la establecida para el equipo

b) La junta, orificios y manómetros se encuentren en buen estado

c) Que esté limpio y en buen estado de conservación.

9.6 Los extintores a presión serán recargados cuando esta sea inferior a la indicada en el manómetro como óptima (zona verde).

9.7 Los extintores se les efectuará su prueba hidrostática cada 5 años cumpliendo con las especificaciones del fabricante.

9.8 Los extintores de CO<sub>2</sub> deberán tener su correspondiente corneta de descarga.

9.9 Los extintores de una masa superior a 10 Kg. Se situarán en el piso sobre una base, para evitar su caída.

9.10 Los extintores se ubicarán principalmente en la entrada de locales, edificios, así como a 1 m de separación como mínimo de cualquier equipo tecnológico, eléctrico u otro.

9.11 En los locales en que por cuestión de estética no puedan colocarse según se indica en los puntos 1 y 2, se procederá a construir nichos en las paredes, teniendo en cuenta que no se viole la altura de un 1.20 m.

9.12 Las vías de acceso a los extintores tendrá como mínimo 1 m de ancho.

9.13 los extintores de carretillas se ubicarán en lugares de fácil maniobrabilidad y de forma tal que no reciban golpes o averías.

9.14 En los lugares donde existan puntos contra incendios serán dotados de:

- a) Extintores (según su tipo, cantidad)
- b) Tanques de agua con su correspondiente balde
- c) Recipientes con arena fina y seca, y sus correspondientes palas
- d) Mantas.

9.16 Se prohíbe utilizar los medios de extinción de incendios para otros trabajos que no sean para los que estén designados.

9.17 La Dirección general de Bomberos autorizará el tipo y ubicación de cualquier equipo de extinción de incendios y los cambios en los mismos.

## **10. EVACUACIÓN**

10.1 Todo centro de trabajo mencionado en el inciso 2.1 contará con su plan de evacuación, tanto para las personas como para bienes materiales.

10.2 Las salidas y vías de evacuación serán señalizadas con flechas que indiquen el camino más corto y seguro, según lo establecido en la normativa sobre señalización del MITRAB.

10.3 Las vías y salidas de evacuación serán de mayor grado de resistencia al fuego que cualquier local donde pueda surgir el incendio.

10.4 Se prohíbe alterar, modificar o clausurar las vías y salidas de evacuación o de emergencia, sin la previa autorización de la Dirección General de Bomberos.

10.5 Los pasillos, corredores, salidas y vías de evacuación no serán obstruidas por equipos, mercancías u otro material.

10.6 Las puertas de los locales, pasillos, galerías y áreas de producción abrirán en el sentido de la Evacuación.

## **11. OBSERVANCIA DE LA NORMA**

11.1 La verificación y certificación de esta Norma estará a cargo del Ministerio de Gobernación a través de la Dirección General de Bomberos. Todas las Edificaciones relacionadas en esta Norma serán sometidas a inspecciones de protección contra incendios de oficio y estarán obligadas a cumplir las disposiciones establecidas en la presente norma.

## **12. ENTRADA EN VIGENCIA**

La presente Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense entrará en vigencia con carácter Obligatorio a partir de 6 meses después de su publicación en La Gaceta, Diario Oficial.

Esta norma será revisada para su actualización cada 3 años.

## **13. SANCIONES**

El incumplimiento de la presente Norma será sancionada de acuerdo a la Ley 290 de Organización, Competencia y Procedimientos Poder Ejecutivo y su Reglamento y a la Ley N°. 219 “Ley de Normalización Técnica y Calidad y su reglamento.

Esta norma no elimina a otras disposiciones técnicas relacionadas que sean de la competencia de otras Instituciones.

## **14. REFERENCIA**

En la elaboración de esta norma se tomaron en cuenta los siguientes documentos.

- Primer borrador de propuesta de norma sobre Requisitos Generales SINACO
  - NEPA Código de seguridad de vidas
  - Normas Ministerial prevención de incendios en los lugares de trabajo (MITRAB)
  - Norma Ministerial relativa a la señalización en los lugares de trabajo (MITRAB)
- ÚLTIMA LÍNEA.

## **ANEXO**

### **CLASIFICACIÓN DE LAS PRODUCCIONES SEGÚN SU PELIGROSIDAD:**

Las producciones se clasifican de acuerdo al tipo de peligrosidad en los siguientes grupos:

1. Con peligro de explosión o incendios
2. Con peligro de incendio
3. Sin peligro de incendio o explosión
4. Con peligro de explosión.

Las producciones atendiendo a su peligrosidad se clasifican por categoría de peligrosidad como se muestra en la tabla N° 1.

Características de la producción	Categoría de Peligrosidad	Características de las sustancias procesadas.
Con peligrosidad de explosión e incendio	A	Gases combustibles con límites inferiores de explosión $\leq 10\%$ con respecto al volumen de aire.  Líquidos con temperatura de destello de sus gases hasta 301 K (28    C)
	B	Líquidos y vapores que pueden formar mezclas explosivas cuando ocupan el 5% del volumen del local donde se encuentren,  Gases combustibles con un límite inferior de explosión mayor que el 10% con respecto al volumen de aire.  Líquidos con temperatura de destellos entre

<p>Con peligros de incendio.</p>	<p>C</p>	<p>301   K (28-C) y 334   K (61   C) inclusive, líquidos que en condiciones de trabajo se calienten hasta la temperatura de destello o mßs.</p> <p>Polvos y fibras combustibles con un límite mínimo de explosividad superior a 65 g/m3.</p> <p>Sustancias que orden en contacto con agua, oxígeno del aire o entre si.</p>
<p>Sin peligro de incendio o explosión.</p> <p>Con peligro de explosión.</p>	<p>D</p> <p>E</p> <p>F</p>	<p>Polvos o fibras combustibles con límite inferior de explosividad superior a 65 g/m3.</p> <p>Sustancias que arden en contacto con agua, oxígeno del aire entre sí.</p> <p>Materiales y sustancias sólidas combustibles.</p> <p>Sustancias y materiales incombustibles en caliente, en estado incandescente o de fusión.</p> <p>Procesos en los cuales se desprenden calor, chispas y llamas.</p> <p>Sustancias sólidas, líquidas y gaseosas que se utilizan en calidad de combustible.</p>

		<p>Sustancias y materiales incombustibles en frío.</p> <p>Gases y combustibles sin fase líquidas y polvos explosivos en cantidades capaces de formar mezclas explosivas en un volumen mayor al 5% del volumen del local o área donde se encuentren y en los cuales solo puede pude por condiciones del proceso tecnológico producirse una explosión (sin incendio).</p> <p>Sustancias que pueden producir una explosión en contacto con el agua oxígeno del aire o entre sí.</p>
--	--	--

Nota: No se agrupan en las categorías de peligrosidad donde por características del proceso se utilice fuego abierto.

# Imagen de sistema de suspensión para ceiling.

Dec. 1, 1964

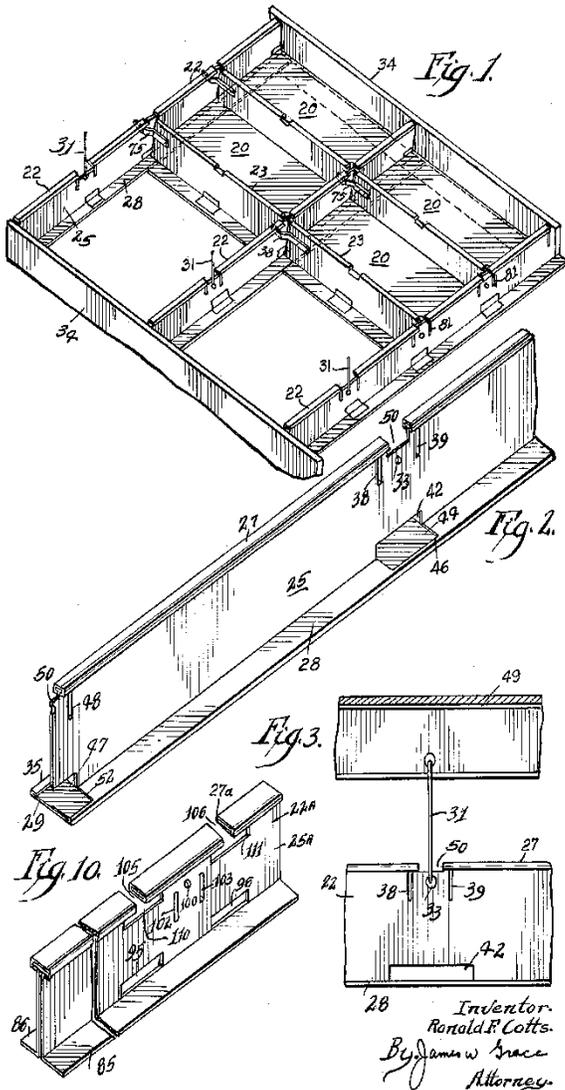
R. F. COTTS

3,159,252

FIRE RETARDANT CEILING SUSPENSION SYSTEM

Filed May 25, 1961

2 Sheets-Sheet 1



Dec. 1, 1964

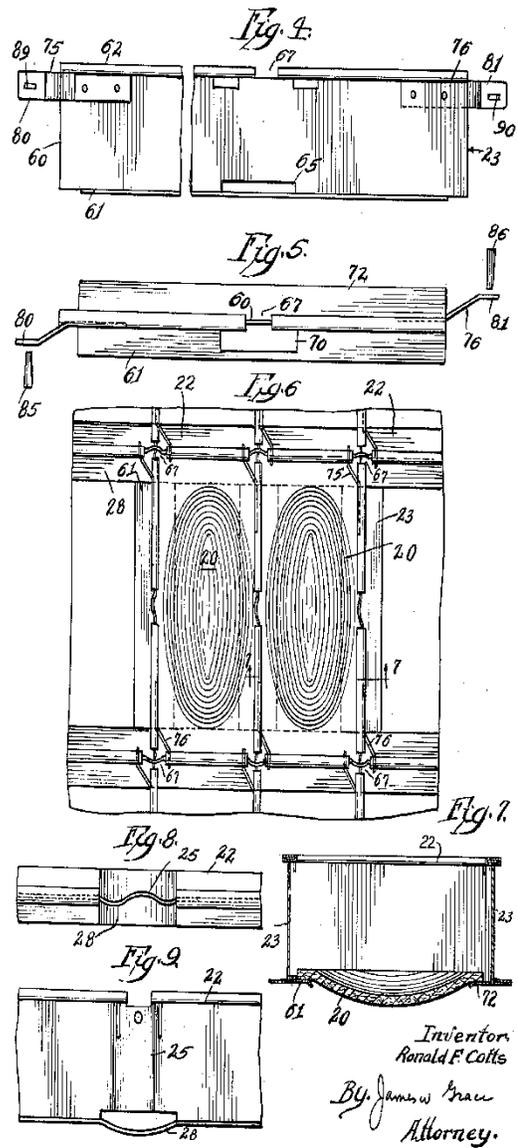
R. F. COTTS

3,159,252

FIRE RETARDANT CEILING SUSPENSION SYSTEM

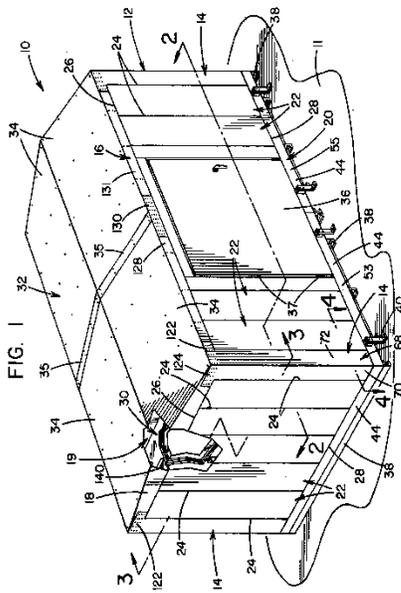
Filed May 25, 1961

2 Sheets-Sheet 2

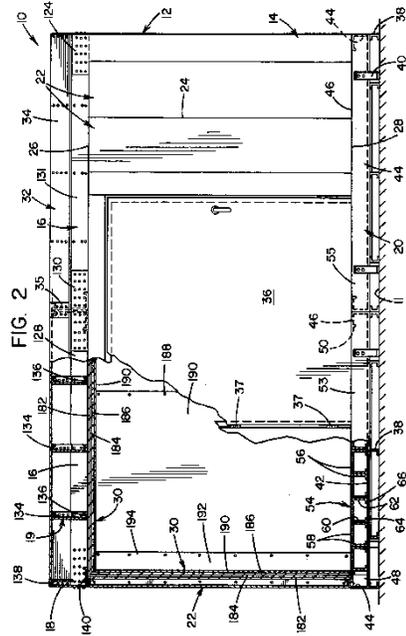


# Modelo de Establecimientos comerciales que almacene materiales inflamables y explosivos.

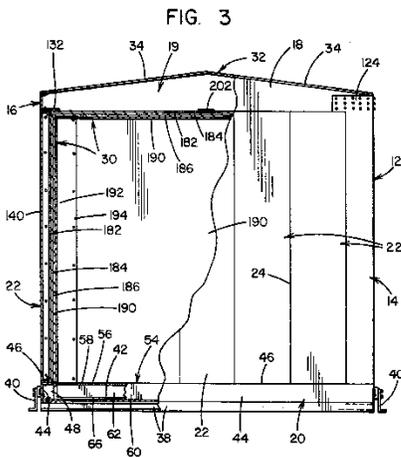
U.S. Patent Dec. 1, 1992 Sheet 1 of 7 5,167,098



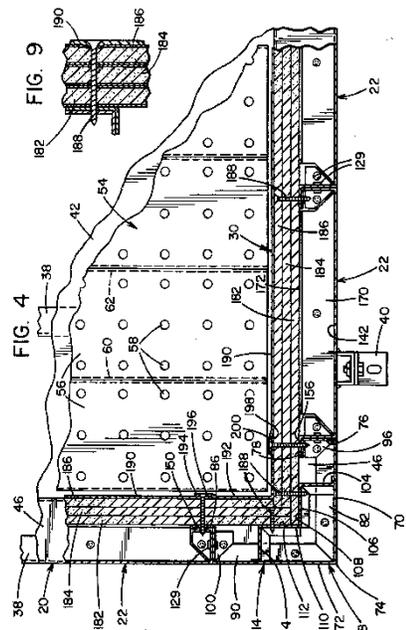
U.S. Patent Dec. 1, 1992 Sheet 2 of 7 5,167,098

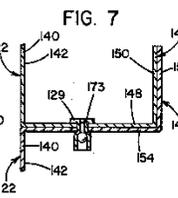
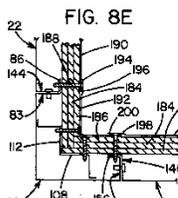
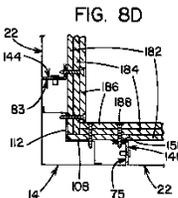
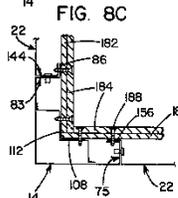
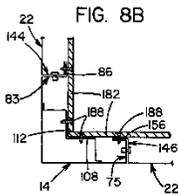
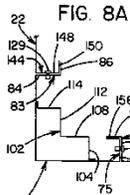
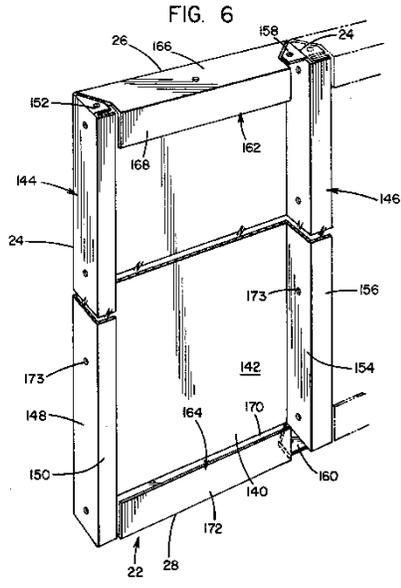
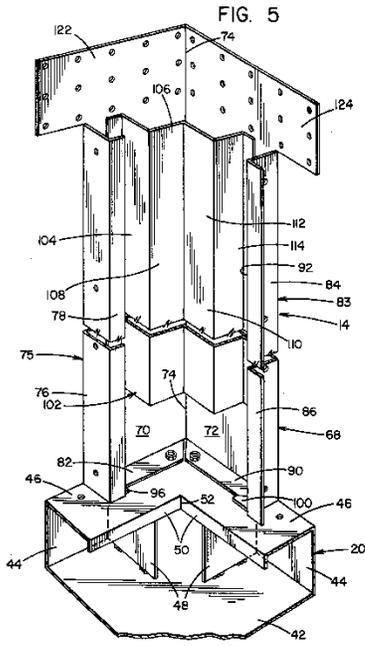


U.S. Patent Dec. 1, 1992 Sheet 3 of 7 5,167,098



U.S. Patent Dec. 1, 1992 Sheet 4 of 7 5,167,098





## NFPA 255

### **Método estándar para las pruebas de las características inflamables de las superficies de los materiales de construcción**

El método de prueba para conocer las características inflamables de los materiales de construcción es aplicable para cualquier tipo de material de construcción, el objetivo es conocer la calidad estructural o la manera en la cual es aplicada, la capacidad de soportar en posición o soportar la adhesión a la superficie comparable al uso recomendado.

#### Propósito

Es determinar por método comparativo las características inflamables del material bajo prueba evaluando la cantidad bajo su superficie, cuando se expone a la prueba de fuego. Esta es la base para determinar las características de inflamabilidad del material de construcción

Sin comparar sin ninguna especificación acerca del uso general de los parámetros que podría afectar las características de inflamabilidad de la superficie.

La densidad de humo se registra en el test

Es el intento del método de registro desarrollado en el periodo de exposición

El método no establece rangos de estándares para el desarrollo de usos específicos, ya que dependen del uso de los requerimientos del servicio.

Los parámetros específicos serán los siguientes:

Conductividad Térmica  $0.072\text{W/m}\cdot\text{K}$

Densidad Bulk  $336\text{Kg/m}^3$

Efectividad máxima de temperatura es de  $650^\circ\text{C}$

## NFPA 101

Código de Seguridad Humana

Peligro para la Vida Humana en Incendios. El Código está dirigido a aquellos aspectos de la construcción, la protección y las ocupaciones necesarias para minimizar el peligro para la vida humana en los incendios, incluyendo humo, emanaciones y situaciones de pánico.

1.2.2 Medios de Egreso. El Código identifica los criterios mínimos para el diseño de los medios de egreso para permitir el rápido escape de los ocupantes de los edificios, o cuando sea deseable, hacia áreas seguras dentro de los edificios.

1.2.3 Otras Consideraciones. El Código incluye otras consideraciones que son esenciales para la seguridad humana al reconocer el hecho de que la seguridad de la vida humana es más que un asunto de egreso. El Código también está dirigido a aspectos y sistemas de protección, servicios de los edificios, aspectos operativos, actividades de mantenimiento y otros requisitos en reconocimiento del hecho de que alcanzar un grado aceptable de seguridad humana depende de medios de protección adicionales para proveer tiempos de egreso adecuados o protección para las personas expuestas a un incendio.

1.2.4 Aspectos No Considerados. El Código no tiene el objeto de abarcar lo siguiente: (1) Los aspectos generales de prevención contra incendios o construcción de edificios que generalmente son una función de los códigos de prevención de incendios y construcción de edificios (2) La prevención de daños personales producidos por negligencia de un individuo (3) La preservación de la propiedad contra la pérdida por incendios.

## SECCIÓN

### 1.3 PROPÓSITO

1.3.1 Propósito del Código. El propósito de este Código es proporcionar los requisitos mínimos, con la debida consideración hacia la función, para el diseño, la operación, y el mantenimiento de edificios y estructuras para la seguridad de la vida humana contra los incendios. Sus cláusulas son también aplicables a la seguridad de la vida humana en emergencias similares. SECCIÓN

### 1.4 APLICACIÓN

1.4.1 Edificios y Estructuras Nuevos y Existentes. El Código es aplicable a construcciones nuevas y a edificios existentes y a estructuras existentes.

1.4.2 Vehículos y Naves. El Código es aplicable a vehículos, naves y otros transportes similares, según lo definido en la Sección 11.6; en ese caso tales vehículos y naves deberán ser considerados como un edificio.

## SECCIÓN

### 1.5 EQUIVALENCIA

1.5.1 Ninguna parte de este Código intenta evitar el uso de sistemas, métodos o dispositivos de calidad, resistencia, resistencia al fuego, eficacia, durabilidad y seguridad equivalentes o superiores como alternativas a los prescritos por este Código. Deberá presentarse a la autoridad competente la documentación técnica para demostrar la equivalencia. El sistema, método o dispositivo deberá ser aprobado para el uso propuesto por la autoridad competente.

1.5.2 Equivalencia de Conformidad. Los sistemas, métodos o dispositivos alternativos aprobados como equivalentes por la autoridad competente, deberán estar reconocidos como en conformidad con este Código.

### **Norma ANSI/UL 263**

#### **I. INTRODUCCIÓN**

Esta categoría abarca certificaciones fuego de calificación en base a los criterios del método de prueba y aceptación en ANSI / UL 263 (ASTM E119), "Las pruebas de fuego de la construcción de edificios y de los Materiales". Las calificaciones se expresarán en horas y son aplicables a piso-techo, techo-techos, vigas, columnas, muros y tabiques.

La temperatura media del horno del que se derivan de estas calificaciones son: 1000 ° F en 5 min., 1400 ° F a 15 min., 1550 ° F a 30 min., 1700 ° F a 60 min., 1850 ° F a 120 min. 1925 ° F a 180 min. y 2000 ° F a 240 min.

Cuando un conjunto de prueba cumple con los criterios de aceptación, se realiza una descripción detallada del conjunto, su rendimiento en la prueba de fuego, y otros detalles pertinentes, tales como la especificación de los materiales, la cobertura de la certificación y detalles de montaje alternativos se incluyen en un informe para el patrocinador de prueba. Se pueden proporcionar copias del informe de prueba completa bajo petición. El informe también contiene un resumen de

las características importantes de la asamblea nominal. Estos resúmenes se publican también en este directorio. Las variaciones de las especificaciones publicadas deben ser considerados como no siendo investigado por UL.

*Sistema de numeración para asambleas con clasificación de incendio*

TIPOS DE PROTECCIÓN									
	Protección de la membrana						Directo Protección Aplicada		Desprotegido
Grupos de Construcción	000-099	100-199	200-299	300-399	400-499	500-599	600-699	700-899	900-999
Pisos-Techos: A o B * Hormigón y Acero celular Piso C - Sistemas de acristalamiento	Sistema de cuadrícula oculta.	(Reservado)	Sistema de cuadrícula expuesta	(Reservado)	Malla de metal	Pán el de Yes o	Misc.	SFRM +	Desprotegido
D, E o F * * Hormigón y Acero Unidades de suelo	Sistema de cuadrícula oculta.	(Reservado)	Sistema de cuadrícula expuesta	Mineral es y placas de fibra	Malla de metal	Pán el de Yes o	Masilla intumescente y Revestimientos	SFRM +	Desprotegido
G o H * de hormigón y acero Viguetas	Sistema de cuadrícula oculta.	(Reservado)	Sistema de cuadrícula expuesta	Mineral es y placas de fibra	Malla de metal	Pán el de Yes o	Misc.	SFRM +	Desprotegido
Yo no soporta carga	(Reservado)	(Reservado)	(Reservado)	(Reservado)	(Reservado)	Pán el de	(Reservado)	(Reservado)	(Reservado)

Horizontal Barrera						Yes o			
J o K Concrete	Sistema de cuadrícula oculta	(Reservado)	Sistema de cuadrícula expuesta	Minerales y placas de fibra	Malla de metal	Pán el de Yes o	Misc.	SFRM +	Desprotegido
L o M Madera Viga o combinación de madera y Asambleas de acero	Sistema de cuadrícula oculta	(Reservado)	Sistema de cuadrícula expuesta	(Reservado)	Malla de metal	Pán el de Yes o	Misc.	SFRM +	Desprotegido
<b>Vigas:</b> N o O * para Piso-Techo	Sistema de cuadrícula oculta	(Reservado)	Sistema de cuadrícula expuesta	Batts y Mantas o Juntas minerales y fibra	Malla de metal	Pán el de Yes o	Masilla intumesciente y Revestimientos	SFRM +	Desprotegido
<b>Roof-Techo:</b> P, Q o R * *	Sistema de cuadrícula oculta	(Reservado)	Sistema de cuadrícula expuesta	Minerales y placas de fibra	Malla de metal	Pán el de Yes o	Misc.	SFRM +	Desprotegido
<b>Vigas:</b> S o T * de techo en techo	Unidades de construcción	(Reservado)	Sistema de cuadrícula expuesta	Minerales y placas de fibra	Malla de metal	Pán el de Yes o	Masilla intumesciente y Revestimientos	SFRM +	Desprotegido
<b>Muro y de reparto</b> U, V o W	Edificios o partición unidades de panel	(Reservado)	Aislantes de hormigón	Montante de madera, placas de yeso,	Montantes de metal, placa de yeso, listone	Misc.	Los paneles de metal, placa de yeso, listones y / o yeso	SFRM +	Albañilería

				listone s y / o yeso	s y / o yeso				
<b>Columnas:</b> X, Y o Z *	Unidades de construcción	<u>Prefabricado</u>	<u>Materiales Mat</u>	<u>Batts y Manta</u> <u>s o Juntas mineras y fibra</u>	<u>Malla de metal y yeso</u>	<u>Pán el de Yeso</u> <u>o</u>	<u>Masilla intumescente y Revestimientos</u>	<u>SFRM</u> <u>±</u>	<u>Albañilería</u>

Los números de prefijo con un asterisco (\*) y los números de diseño indicados como "Reservado" en la tabla de arriba son para una futura expansión y para atender a los nuevos tipos de sistemas desarrollados en el futuro.

## Inflamabilidad de algunas sustancias

Material inflamable	$P_{\max}$ (bar)	$K_G$ (bar-m/s)
Acetophenone <sup>a</sup>	7,6	109
Acetileno	10,6	1415
Amoníaco <sup>b</sup>	5,4	10
$\beta$ -naftol	4,4	56
Butano	8,0	92
Bisulfuro de carbono	6,4	105
Éter dietílico	8,1	115
Dimetil formamide <sup>a</sup>	8,4	78
Dimetil sulfoxide <sup>a</sup>	7,3	112
Etano <sup>a</sup>	7,8	106
Alcohol etílico (etanol)	7,0	78
Etil benzeno <sup>a</sup>	7,4	96
Hidrógeno	6,8	550
Sulfuro de hidrógeno	7,4	45
Isopropanol <sup>a</sup>	7,8	83
Metano	7,1	55
Metanol <sup>a</sup>	7,5	75
Cloruro metílico	5,0	5
Nitrito metílico	11,4	111
Neopentane	7,8	60
Octanol <sup>a</sup>	6,7	95
Octyl chloride <sup>a</sup>	8,0	116
Pentano <sup>a</sup>	7,8	104
Propano	7,9	100
Petróleo crudo sudafricano	6,8–7,6	36–62
Tolueno	7,8	94

<sup>a</sup>Medido a temperaturas elevadas y extrapolado a 25°C (77°F) en condiciones normales

<sup>b</sup> $E = 100\text{--}200$  J.

<sup>c</sup>200°C (392°F).

Nota: El método para desarrollar valores KG no ha sido normalizado. Véase NFPA 68 (2002) parágrafo D-2 y Barknecht,<sup>1</sup>

Fuente: NFPA 68, Tabla D-1.

## Resumen de Norma NFPA 704

Sistema Normativo para la Identificación de los Riesgos de Materiales para Respuesta a Emergencias.

Grados de peligro para la Salud

4	Materiales que, bajo condiciones de emergencia pueden ser letales
	Gases cuyo LC50 para toxicidad aguda de inhalación es menor o igual a 1000 ppm
	Cualquier líquido cuya concentración de vapor saturado a 20°C es igual o mayor que diez veces su LC50 para toxicidad aguda de inhalación, si su LC50 es menor o igual a 1000 ppm
	Polvos y nieblas cuyo LC50 para toxicidad aguda de inhalación es menor o igual a 0,5 mg/litro
	Materiales cuyo LD50 para toxicidad dérmica aguda es menor o igual a 40 mg/kg
	Materiales cuyo LD50 para toxicidad para toxicidad oral aguda es menor o igual a 5 mg/kg

3	<p>Materiales que, bajo condiciones de emergencia , pueden causar lesiones graves o permanentes</p> <p>Gases cuyo LC50 para toxicidad grave de inhalación es mayor de 1000 ppm pero menor o igual a 3000 ppm</p> <p>Cualquier líquido cuya concentración de vapor saturado a 20°C es igual o mayor que su LC50 para toxicidad aguda de inhalación, si su LC50 es menor o igual a 3000 ppm y que no tiene el criterio de riesgo 4</p> <p>Polvos y nieblas cuyo LC50 para toxicidad aguda de inhalación es mayor de 0,5 mg/L pero menor o igual a 2 mg/L</p> <p>Materiales cuyo LD50 para toxicidad dérmica aguda es mayor de 40 mg/kg pero menor o igual a 200 mg/kg</p> <p>Materiales que sean corrosivos para el tracto respiratorio • Materiales que sean corrosivos para los ojos o causen opacidad corneal irreversible • Materiales que sean corrosivos para la piel</p> <p>Gases criogénicos que causen congelación y daño irreversible a los tejidos</p> <p>Gases licuados comprimidos con puntos de ebullición o por debajo de -55°C que causen congelación y daño irreversible a los tejidos</p> <p>Materiales cuyo LD50 para toxicidad oral aguda es mayor de 5 mg/kg pero menor o igual a 50 mg/kg</p>
---	---

2

Materiales que bajo condiciones de emergencia, pueden causa incapacidad temporal o lesión residual

Gases cuyo LC50 de toxicidad de inhalación aguda es mayor que 300 ppm pero menor o igual a 5000 ppm

Cualquier líquido cuya concentración de vapor saturado a 20°C es igual o mayor que 1/5 de su LC50 para toxicidad aguda de inhalación, si su

LC50 es menor o igual a 5000 ppm y que no cumpla el criterio de grado de riesgo 3 o grado de riesgo 4

Polvos y nieblas cuyo LC50 para toxicidad aguda de inhalación es mayor de 2 mg/L pero menor o igual a 10 mg/L

Materiales cuyo LD50 para toxicidad dérmica aguda es mayor de 200 mg/kg pero menor o igual a 1000 mg/kg

Gases licuados comprimidos con puntos de ebullición de entre -30°C y -55°C que causen daño severo irreversible a los tejidos, dependiendo de la duración de la exposición

Materiales que son irritantes respiratorios

Materiales que causan irritación grave pero no reversible a los ojos o lagrimales

Materiales que son irritantes primarios o sensibilizantes de la piel

Materiales cuyo LD50 para toxicidad oral aguda es mayor que 50 mg/kg pero menor o igual a 500 mg/kg

<b>1</b>	<p>Materiales que, bajo condiciones de emergencia, pueden causar irritación significativa</p> <p>Gases y vapores cuyo LC50 para toxicidad aguda de inhalación es mayor que 5000 ppm pero menor o igual a 10000 ppm</p> <p>Polvos y nieblas cuyo LC50 para toxicidad aguda de inhalación es mayor de 10 mg/L pero menor o igual a 200 mg/L</p> <p>Materiales cuyo LD50 para toxicidad dérmica aguda es mayor de 1000 mg/kg pero menor o igual a 2000 mg/kg</p> <p>Materiales que causan irritación leve o moderada al tracto respiratorio, ojos y piel</p> <p>Materiales cuyo LD50 para toxicidad oral aguda es mayor que 500 mg/kg pero menor o igual a 2000 mg/kg</p>
----------	--

<b>0</b>	<p>Materiales que, bajo condiciones de emergencia, no ofrecerán riesgo más allá de los materiales combustibles ordinarios</p> <p>Gases y vapores cuyo LC50 para toxicidad aguda de inhalación es mayor que 10000 ppm</p> <p>Polvos y nieblas cuyo LC50 para toxicidad aguda de inhalación es mayor que 200 mg/L</p> <p>Materiales cuyo LD50 para toxicidad dérmica aguda es mayor de 2000 mg/kg</p> <p>Materiales cuyo LD50 para toxicidad oral aguda es mayor que 2000 mg/kg</p> <p>Esencialmente no irritante para el tracto respiratorio, ojos y piel.</p>
----------	---

4	<p>Materiales que se vaporizarán rápida o completamente a la presión atmosférica y temperatura ambiental normales o que son rápidamente dispersados en el aire y se quemarán fácilmente</p> <p>Gases inflamables</p> <p>Materiales criogénicos inflamables</p> <p>Cualquier líquido o material gaseoso que sea líquido bajo presión y tenga un punto de inflamación menor de 22.8 °C y un punto de ebullición por debajo de 37.8°C (Líquidos Clase IA)</p> <p>Materiales que se prenden espontáneamente cuando se exponen al aire</p>
---	---

3	<p>Líquidos y sólidos que pueden encenderse casi bajo cualquier condición de temperatura ambiente. Los materiales en esta clasificación producen atmósferas riesgosas con el aire bajo casi todas las temperaturas ambientes o, aunque no afectados por las temperaturas ambientes, se encienden rápidamente bajo casi todas las condiciones.</p> <p>Líquidos con un punto de inflamación menor de 22.6°C y con un punto de ebullición a o mayor de 37.8 °C y aquellos líquidos con un punto de inflamación a o mayor de 22.8 y menor de 37.8°C (Ejemplo, líquidos</p> <p>Clase IB y Clase IC</p> <p>Materiales que debido a su forma física o condiciones ambientales pueden formar mezclas explosivas con el aire y que dispersan fácilmente en el aire</p> <p>Polvos inflamables o combustibles de menos de 420 micrones de diámetro</p>
---	---

	<p>Materiales que se queman con extrema rapidez, generalmente debido a oxígeno autónomo (ej. Nitrocelulosa seca y muchos peróxidos orgánicos)</p> <p>Los sólidos que, contienen más de 0,5% por peso de un solvente inflamable se clasifican por el punto de inflamación de "closed up" del solvente</p>
--	--

<b>2</b>	<p>Materiales que se deben calentar moderadamente o exponerse a temperaturas ambiente relativamente altas antes de que pueda ocurrir la ignición. Los materiales en este grado bajo condiciones normales no formarían atmósferas riesgosas con el aire, pero bajo temperaturas ambientes altas o bajo calentamiento moderado podrían liberar vapor en cantidades suficientes para producir atmósferas riesgosas con el aire.</p> <p>Líquidos con un punto de inflamación de o mayor a 37.8°C y menor de 93.4°C (ejemplo líquidos Clase II y Clase IIIA)</p> <p>Materiales sólidos pulverizados o en forma de polvos gruesos que se queman rápidamente pero que generalmente no forman atmósferas explosivas con el aire menores a 420 micrones</p> <p>Materiales sólidos en forma fibrosa o desmenuzados que se queman rápidamente y crean riesgos de incendio por inflamación, como el</p>
----------	---

	<p>algodón, cabuya y cáñamo</p> <p>Sólidos y semi-sólidos que emiten fácilmente vapores inflamables.</p> <p>Sólidos que contienen más de 0,5% por peso de un solvente inflamable y se clasifican por el punto de inflamación de "copa cerrada" del solvente</p>
--	---

<b>1</b>	<p>Materiales que deben ser precalentados antes que pueda ocurrir la ignición. Los materiales en este gado requieran considerable precalentamiento , bajo todas las condiciones de temperatura ambiente, antes que pueda ocurrir la ignición y combustión</p> <p>Materiales que se queman en el aire cuando se exponen a una temperatura de 815,5°C por un periodo de 5 minutos.</p> <p>Líquidos, sólidos y semisólidos con un punto de inflamación en o mayor de 93.4 °C (Ejemplo Líquidos Clase IIIB)</p> <p>Líquidos con un punto de inflamación mayor de 35°C que no sustentan la combustión cuando se prueban por el "Método de prueba para combustibilidad sostenida" según 49 CFR 173. Anexo H o "Recomendaciones sobre transporte de mercancías peligrosas " de la ONU</p> <p>Líquidos con un punto de inflamación mayor a 35°C en una solución o</p>
----------	---

	<p>dispersión miscible al agua o con un contenido de líquido o sólido no combustible de más de 85% del peso</p> <p>Líquidos que no tienen punto de combustión al probarse por ASTM D92 hasta el punto de ebullición del líquido o hasta una temperatura a la cual la muestra que se aprueba muestre un cambio físico obvio</p> <p>Gránulos inflamables o combustibles superiores a 420 micrones</p> <p>La mayoría de los materiales combustibles ordinarios</p> <p>Sólidos que contienen más de 0,5% por peso de un solvente inflamable y se clasifican por el punto de inflamación de copa cerrada del solvente</p>
--	--

<p><b>0</b></p>	<p>Materiales que no se queman bajo condiciones típicas de incendio, incluyendo materiales no combustibles como el concreto, piedra y la arena</p> <p>Materiales que no se queman en el aire cuando se exponen a una temperatura de 815°C por un periodo de 5 min.</p>
-----------------	--

<p><b>4</b></p>	<p>Materiales que en sí mismos son fácilmente capaces de detonación o descomposición explosiva o reacción explosiva a temperatura y presiones normales</p> <p>Materiales que son sensibles a choque térmico o mecánico localizado a temperaturas y presiones normales</p> <p>Materiales con una densidad de potencia instantánea (producto del calor de reacción y velocidad de reacción) a 250°C de 1000 W/mL o mayor</p>
<p><b>3</b></p>	<p>Materiales que en sí mismos son capaces de detonación o descomposición explosiva o reacción explosiva, pero que requieren una fuente de iniciación fuerte o que deben calentarse bajo confinamiento antes de la iniciación</p> <p>Materiales con una densidad de potencia instantánea (producto del calor de reacción y velocidad de reacción) a 250 °C a o mayor a 100 W/mL y menor de 1000 W/mL</p> <p>Materiales sensibles al choque térmico o mecánico a temperaturas y presiones elevadas</p>
<p><b>2</b></p>	<p>Materiales que fácilmente sufren cambio químico violento a temperatura y presiones elevadas</p> <p>Materiales con una densidad de potencia instantánea (producto del calor de reacción y velocidad de reacción) a 250 °C a o por encima de 10 W/mL y a menor de 100 W/mL</p>

<b>1</b>	<p>Materiales que en sí mismos son normalmente estables , pero que pueden volverse inestables a temperatura y presiones elevadas</p> <p>Materiales con una densidad de potencia instantánea (producto del calor de reacción y velocidad de reacción) a 250 °C a o por encima de 0,01 W/mL y a menor de 10 W/mL</p>
----------	--

<b>0</b>	<p>Materiales que en sí mismos son normalmente estables, aún bajo condiciones de incendio</p> <p>Materiales con una densidad de potencia instantánea (producto del calor de reacción y velocidad de reacción) a 250 °C por debajo de 0,01 W/mL</p> <p>Materiales que no muestran un exotérmico a temperaturas menores o iguales a 500°C cuando se prueban por escaneo diferencial calorimétrico</p>
----------	---