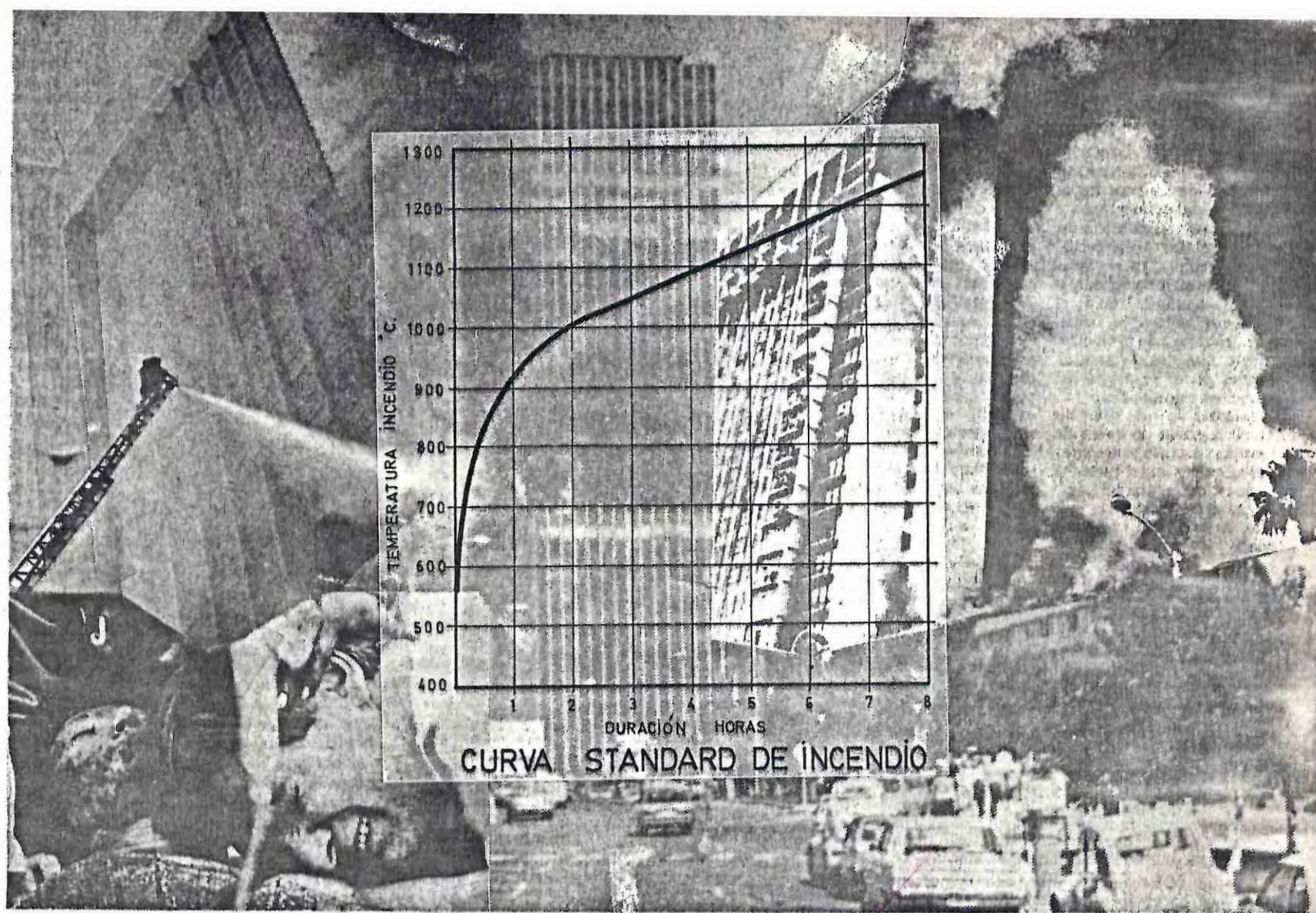
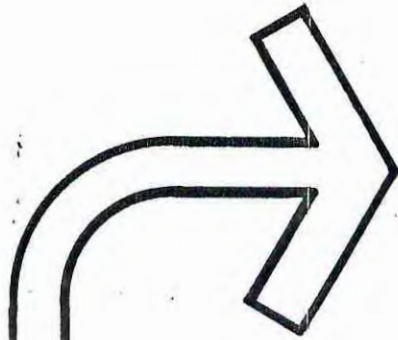


ALUMNO: M. MONTIGLIA R.  
PROFESOR: F. MALTÉS S.

1982



S  
ARQUITEC  
M 792

# PROTECCION AL FUEGO EN EDIFICIOS DE ALTURA

SEMINARIO, ESCUELA DE ARQUITECTURA - UNIVERSIDAD DE VALPARAISO - CHILE.

11 492.

S E M I N A R I O

" PROTECCION AL FUEGO EN EDIFICIOS DE ALTURA."



19 ENE. 1982

Reg. D. H. e. l. 0265

- 11 Introducción.
- 12 Objetivos.
- 13 Metodología.

- 3221 Velocidad de combustión.
- 323 Periodo de decaencia.
- 33 Severidad del fuego.
- 34 Carga de incendio o carga combustible.

Capítulo 2. QUIMICA DEL FUEGO.

- 21 Definición de fuego.
- 22 triángulo de la combustión.
- 221 Combustible.
- 222 Oxígeno.
- 223 Calor.
- 2231 Temperatura de ignición.
- 2232 Ignición espontánea.
- 224 Combustión incompleta.
- 225 Explosiones.
- 226 Combustión completa de un material al aire libre.
- 23 Síntesis del fenómeno.
- 24 Clasificación de los fuegos.
- 241 Clase A.
- 242 Clase B.
- 243 Clase C.
- 244 Clase D.

Capítulo 4. FORMAS DE PROPAGACION DEL FUEGO EN EDIFICIOS.

- 41 Formas de transmición del calor.
- 42 Propagación de un fuego en un recinto.
- 43 Propagación entre recintos o compartimentos.
- 431 Efecto hongo o chimenea.
- 432 Propagación vertical del fuego piso a piso.
- 433 Propagación horizontal a través de ventanas.
- 44 Estimación de la temperatura de las llamas que fluyen de las ventanas.
- 441 Variación de la configuración de las llamas.
- 45 Propagación de un edificio a otro.
- 451 Intensidad crítica de ignición.
- 46 Propagación del fuego en grandes recintos o recintos especiales.
- 461 Principio de ventilación por el techo.
- 462 Movimiento del aire y gases en un incendio desarrollado en un teatro.
- 47 Descripción de un incendio en un edificio de altura.
- 471 Causas y origen del fuego.
- 472 Combate y extinción.
- 473 Pérdidas de vidas humanas.
- 474 Evaluación de los sistemas de prevención, evacuación y extinción.

Capítulo 3. CAMPO EXPERIMENTAL EN EDIFICIOS.

- 31 Causas y origen de los incendios.
- 311 Valparaíso año 1978.
- 312 U.S.A.
- 313 Santiago año 1979.
- 32 Desarrollo del fuego en recintos.
- 321 Periodo de crecimiento.
- 322 Periodo de combustión.

## Capítulo 5. COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES AL FUEGO.

- 51 Método de ensayo para investigar la conducta al fuego de los materiales y elementos estructurales.
- 511 Ensayo de combustibilidad de los materiales (ASTM E-136).
- 512 Ensayo de propagación superficial de las llamas en materiales combustibles (ASTM E-84).
- 5121 Tratamientos retardantes para la madera.
- 513 Ensayo de resistencia al fuego para elementos y componentes constructivos. (ASTM E-119).
- 5131 Problemas de simulación y ubicación de los elementos.
- 5132 Condiciones de aceptabilidad que deben cumplir los elementos.
- 5133 Interpretación de los ensayos de resistencia al fuego.
- 5134 Confrontación con el avance actual.
- 52 Tabla de resistencia para algunos componentes constructivos.
- 531 Materiales.
- 532 Perfiles de estructuración.
- 533 detalles constructivos.
- 5331 Tabiques llenos.
- 5332 Tabiques de cavidad.
- 534 Isométricas de tabiques con 2 horas de resistencia.
- 54 Tablas.

## Capítulo 6. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES USADOS EN LA ESTRUCTURA EN EDIFICIOS DE ALTURA.

- 61 Propiedades térmicas.
- 611 Conductibilidad térmica.
- 6111 Algunos valores de conductibilidad.
- 612 Capacidad térmica.
- 613 Difusión térmica.
- 62 Propiedades de deformación y resistencia del acero a diferentes temperaturas.

- 621 Creep o escurrimiento.
- 63 Temperaturas críticas en el acero.
- 631 Temperatura crítica en vigas de acero.
- 632 Protección de las estructuras de acero.
- 633 Protección para cielos de acero.
- 634 Temperatura crítica en columnas de acero.
- 64 Propiedades de deformación y resistencia del hormigón.
- 641 Módulo de elasticidad.
- 642 Expansión en el hormigón.
- 643 Temperatura crítica en el hormigón.
- 65 Temperatura crítica en el pretensado.

## Capítulo 7. NORMAS DE SEGURIDAD.

- 71 ¿Que es una norma?
- 711 Normas de protección de vidas.
- 72 National Fire Protection Association.
- 721 Clasificación por ocupación.
- 722 Clasificación por contenido.
- 723 Clasificación por tipo constructivo.
- 724 Clasificación por localización.
- 73 Cinco factores para un máximo de seguridad.
- 74 Seguridad en edificios de altura.
- 75 Norma Chilena de las condiciones de seguridad contra incendio.
- 76 Norma de seguridad contra incendio en U.S.A.
- 77 ¿Cuales son los niveles de riesgos aceptables en la seguridad?

## Capítulo 8. PREVENCIÓN DE INCENDIOS EN EDIFICIOS DE ALTURA.

- 81 Objetivos y espíritu de las normas.
- 82 El arquitecto como profesional a cargo.
- 83 Sistemas empleados en la prevención de incendios en edificios.
- 831 Instalaciones eléctricas.
- 832 Sistemas de alarma y detección.
- 833 Luces de emergencia.

- 834 Sistemas de extinción, red húmeda.
- 835 Red seca.
- 836 Cajas de incendio.
- 837 Operador del panel central.
- 838 Aislación de piso a piso.
- 839 Ductos de ventilación.

## Capítulo 9. ANALISIS DE LOS ANTECEDENTES.

- 91 Generalidad.
- 92 Fenómeno de la combustión.
- 93 Causas y origen de los incendios.
- 94 Desarrollo del fuego.
- 95 Propagación del fuego en edificios por fachadas.
- 96 Propagación del fuego en el interior del edificio.
- 97 Propagación de un edificio a otro.
- 98 Incendio torre Santa María.
- 99 Ensayos y los materiales.
- 910 Curva de incendio.
- 911 Materiales usados en las estructuras de los edificios de altura.
- 912 Normas de seguridad de vida.
- 913 Vías de evacuación.
- 914 Clasificación del National Fire Protection Association.
- 915 Definición de edificio de altura.
- 916 Estrategias.
- 917 Normas chilenas y U.S.A.
- 918 Sistemas de prevención.

## Capítulo 10. CONCLUSIONES.

- Conclusiones generales.
- Proposición de un método o etapas a seguir en el diseño.

## Capítulo 11. ANALISIS DE UN CASO DE ESTUDIO.

- 111 Criterio de selección.
- 112 Antecedentes.
- 113 Análisis del caso de estudio.
- 1131 Origen del fuego.
- 114 Propagación vertical.
- 1141 Propagación horizontal.
- 115 Integridad de la estructura.
- 1151 Compartimentalización.
- 116 Emplazamiento.
- 117 Relación a las líneas de propiedad.
- 118 Protección a la seguridad de vida.
- 1181 Vías de escape.
- 1182 Caja de escala.
- 1183 Pasillo.
- 1184 Ascensores.
- 1185 Rescate aéreo.
- 1186 Alarmas.
- 1187 ¿Como incrementar la seguridad?

- Definición de términos.

- Bibliografía.  
 Índice de las citas.  
 índice de las figuras.

## 11. INTRODUCCION.

El trágico incendio, ocurrido en la torre Santa María, dejó de manifiesto los dantescos caracteres que puede alcanzar un incendio en un edificio de altura. A pesar que, hasta el momento del siniestro, había un pensamiento generalizado; que las estructuras de hormigón armado eran inmunes al peligro de un incendio.

Esta amarga lección que dejó un saldo de 11 muertos, demostró que, aun, adoptando esquemas de alta seguridad en medidas de diseño y sistemas preventivos, el peligro de un incendio es real y latente sobre todo en nuestro país. En el que se venía aplicando una norma antigua que no se ajustaba a la altura, desarrollo y adelanto técnico alcanzado por la construcción en el país.

En el curso del trabajo, se agrega como información de primer orden la publicación y vigencia de la nueva norma. Con un fuerte énfasis en la seguridad, prevención y protección al fuego de los edificios de altura demostrando el interés de las autoridades pertinentes de superar el vacío existente en este campo.

Pero el hecho de recibir un cuerpo normativo total, sin haberse establecido un precedente, como es el caso de las normas que se incorporan una a una de acuerdo a las necesidades de la investigación sometió al grupo investigador de la norma, adoptar normas y estándares extranjeros.

Si examinamos separadamente los costos de pérdidas ya sean de vidas, propiedad, uso, heridas y por otro lado, la inversión en extinción, prevención, protección y seguridad veremos que los riesgos de pérdidas por incendio disminuyen en la medida que una mayor inversión se realiza en la preven-

ción. Ahora bien, los riesgos de que ocurra un gran incendio en un edificio de altura aumentan con el tamaño del edificio, número de pisos, carga de ocupación y combustible; esta situación conduce a preguntarse ¿Es bajo o alto el nivel de riesgo aceptado en Chile para los edificios de altura?

## 12. OBJETIVOS GENERALES.

La finalidad general de este seminario esta enfocada al conocimiento que debe tener el arquitecto acerca de los fenómenos y desarrollo del fuego en recintos; comportamiento de los materiales frente al fuego; obtener un criterio general de diseño para la seguridad de las personas y edificios de altura.

Así, preveer las posibilidades de incendio, propagación, severidad y seguridad de personas e ir generando las soluciones en las etapas de diseño.

## 12.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

Revisar y comentar en forma comparativa las normas con los antecedentes, a fin de, proponer medidas, cambios en algunos puntos que merecen ser completados o mejorados para conseguir una mayor seguridad de las personas y edificios de altura; entregar detalles constructivos de protección al fuego. Mostrar complejos constructivos resistentes al fuego y sistemas utilizados en la prevención, extin-

ción y seguridad.

### 13. METODOLOGIA.

a). La metodología parte de la recopilación de la información para obtener el universo total acerca del tema.

Los antecedentes se obtuvieron de:

- Entrevistas a expertos del cuerpo de bomberos de Valparaíso.
- Bibliografía específica de libros sobre el fuego, incendios en edificios y resistencia al fuego.
- Artículos publicados en revistas de arquitectura, relativos al tema.
- Normas chilenas y norteamericanas.
- Catálogos de sistemas preventivos.
- Catálogos de complejos constructivos resistentes al fuego.

Algunos de los antecedentes son expuestos en su lengua original, con el objeto de evitar tergiversaciones en el sentido o los productos mencionados.

b). Ordenación y clasificación, la exposición de los antecedentes son entregados de acuerdo a una secuencia del fenómeno original del fuego, su desarrollo y propagación en edificios. Comportamiento de los materiales al fuego, ensayos y características térmicas. Por último, normas de seguridad y prevención del fuego en edificios.

c). Estructura conjunto del trabajo, la ordenación y clasificación sitúan al lector en el ámbito general del conocimiento acerca de los incendios para abordar el conjunto específico de los edificios de altura y su seguridad.

d). Análisis y conclusiones, en

el análisis de los antecedentes la información recopilada se confronta, relacionándola y jerarquizando los argumentos. Para obtener las conclusiones y proponer un método o pauta a seguir en la resolución de los problemas de protección al fuego en edificios de altura.

e). Caso de estudio, finalmente seleccionar un caso de estudio, someterlo a la simulación de un incendio para evaluar sus condiciones de seguridad y diseño, incluyendo medidas para implementar la seguridad del edificio en cuestión.

Un sincero agradecimiento a todas las personas que directamente me aportaron su ayuda a través de las consultas e ideas y me dieron material para hacer posible este seminario.

Mauricio Montiglia Rezzio.

CAPITULO 2. QUIMICA DEL FUEGO.

21. DEFINICION DE FUEGO: El fuego es una reacción química rápida o combustión de un material con el oxígeno del aire, con desarrollo de una gran cantidad de calor y en algunos casos luminosidad de llamas. En la combustión una determinada cantidad de materia se combina con el oxígeno y por oxidación conforma una nueva sustancia: un óxido. En muchos casos la ciencia se ve imposibilitada de asimilar la combustión a fórmulas por la complejidad de los fenómenos físicos, químicos y moleculares de cada reacción. Pese a que cada reacción es específica para cada material o elemento.

22. TRIANGULO DE LA COMBUSTION: Para que se produzca la combustión es necesario que se combinen tres elementos: COMBUSTIBLE, OXIGENO y CALOR.

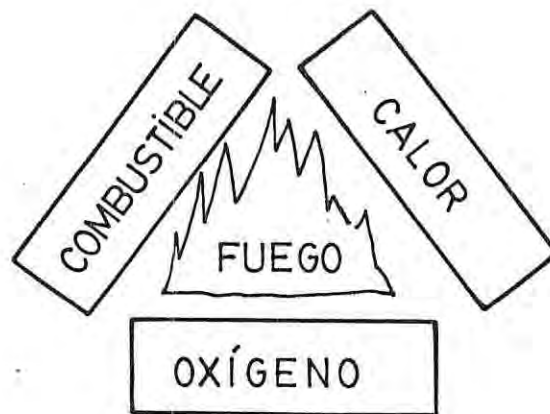
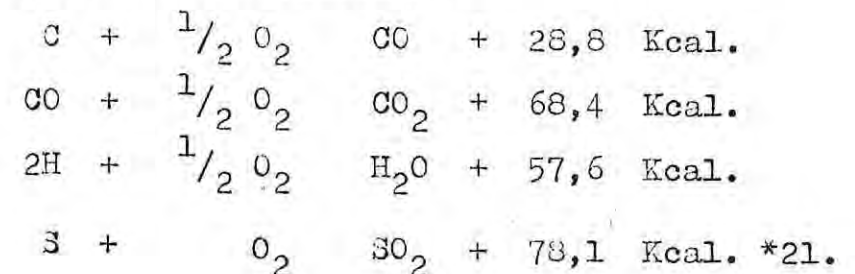


Fig.21. Triángulo de la combustión.

221. COMBUSTIBLE: La mayoría de los combustibles se componen de sustancias orgánicas, que contienen los elementos químicos carbono, hidrógeno y también otros como fósforo, sulfuros, amoníaco y celulosa. Dentro de los combustibles están los hidrocarburos y los subproductos derivados de éstos como bencina, parafina, propano y alcoholes. La madera es un combustible natural, con uso generalizado en la construcción, mobiliario, terminaciones y particiones. Los textiles de origen vegetal como: algodones, yute, lino y cañamo. De origen animal: alpaca, vicuña y crin. Los plásticos, también, son altamente combustibles y el producto de su combustión son gases tóxicos e irritantes, además, de humos espesos y densos.

222. OXIGENO: Se encuentra en la atmósfera en una concentración de un 21 %, y es requerido para la oxidación del combustible. El exceso de oxígeno aumenta el fuego. la falta disminuye la velocidad de la combustión hasta extinguirlo, produciendo el monóxido de carbono, gas venenoso e inoloro.

223. CALOR: Como resultado de la reacción del combustible con el oxidante un monto de energía calórica, es despedida por el combustible. Estas reacciones exotérmicas por molécula dan las siguientes kilocalorías.



2231. TEMPERATURA DE IGNICION: Para que una materia entre en combustión, es necesario elevar su temperatura hasta un punto en el cual se enciende y comienza a arder. Esta temperatura de ignición es específica para cada material, después de la cual, aunque retirando la fuente inicial de calor, el material continuará por sí solo el proceso de combustión: una vez encendido, el calor desarrollado por la combustión eleva la temperatura de éste, aumentando continuamente la velocidad de la combustión. La combinación del combustible con el oxígeno produce algunos fenómenos físico y químicos, antes de la ignición.

Por ejemplo, una gran parte de los materiales sólidos, al elevarse la temperatura, se desintegran, formando gases inflamables. Estos gases al mezclarse con el oxígeno del aire son los que forman las llamas. Los combustibles sólidos a mayor densidad de sus masas, mayor será la temperatura crítica de ignición ya que inicialmente el material debe ser calentado para dejar escapar los gases combustibles. Siendo, al contrario, de más fácil ignición aquellos que a igualdad de volumen, tengan mayor superficie de contacto con el aire atmosférico (materiales porosos).

Temperatura de ignición de algunos materiales.

Madera	250	C.
Algodón	400	C.
Lana	600	C.
Acetato	475	C.
Nylón	425	C.
Poliester	450	C.
Acrilicos	550	C.
Teflón	600	C.
Fenolicos	1500	C. *22.

2232. IGNICION ESPONTANEA: Es el caso para algunos combustibles líquidos o sólidos, que al ser

guardados dejan escapar gases o exponiendo grandes áreas de su superficie a oxidación por el oxígeno del aire. A este contacto comienzan a experimentar una combustión lenta. Si una adecuada ventilación no existe, como para disipar el calor de la combustión que que lentamente se realiza, en un determinado momento la subida de la temperatura alcanzará por sí sola su temperatura de ignición espontánea sobre ambientes saturados de gases combustibles, al aparecer una fuente piloto, ya sea ocasionada por un roce, chispa, golpe eléctrico o estático.

224. COMBUSTION INCOMPLETA: Suele suceder que el proceso no se desarrolle bajo las condiciones de un gran aporte de calor sino en forma de emanaciones de gases, humos, vapor y otros. Por la carencia de oxígeno en el recinto donde se hallan en combustión.

225. EXPLOSIONES: La transición desde la combustión a la explosión es causada por una aceleración de la reacción inducida por la subida de la temperatura. La explosión es basada en la idea en que una subida de calor progresiva al grado en que el calor despedido por la reacción excede al grado de calor perdido por el área, a una presión y combinación de mezcla específica, junto con la temperatura de ignición. La explosión ocurrirá.

226. COMBUSTION COMPLETA DE UN MATERIAL AL AIRE LIBRE: A partir de los tres parámetros básicos, el proceso comienza con el calentamiento del combustible, del cual liberara gases y estos forman con el aire mezclas combustibles. Cuando la producción de gases es suficiente ignitan y la combustión ocurre, después de la

ignición el calor es traspasado al material haciendo continuo el proceso de liberación de gases.

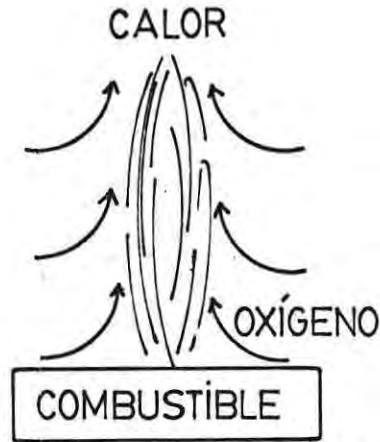
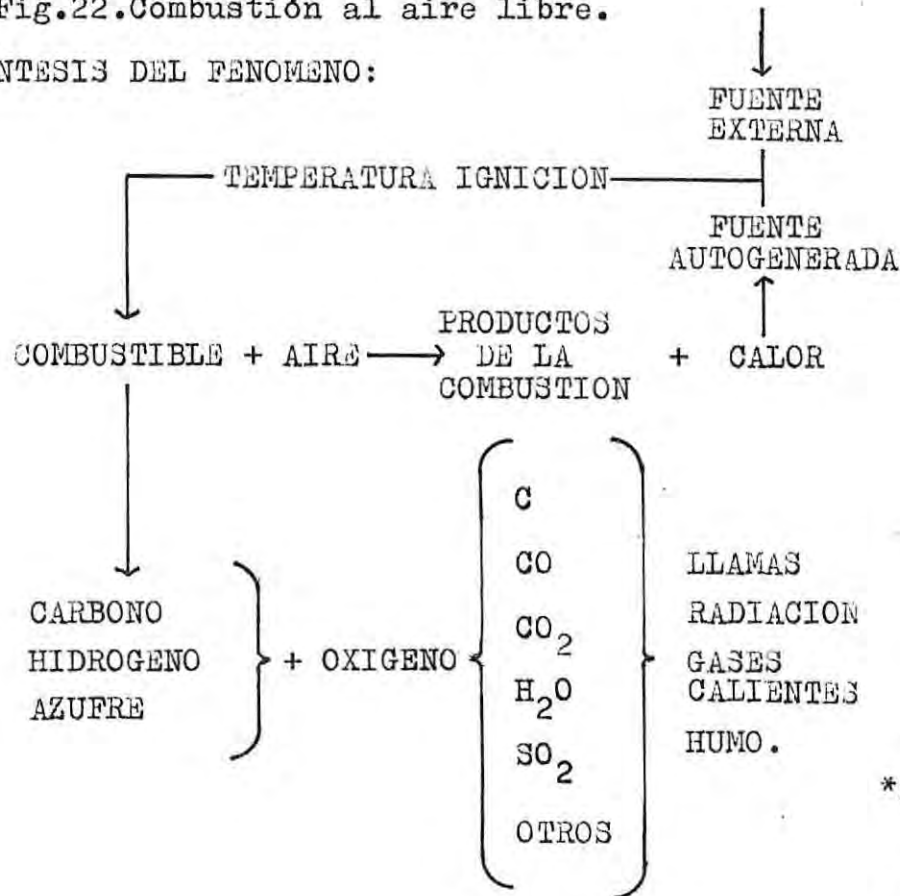


Fig.22. Combustión al aire libre.

23. SINTESIS DEL FENOMENO:



24. CLASIFICACION DE LOS FUEGOS: Diferentes países han normalizado para clasificar los fuegos según el tipo de material que se está quemando. En Chile están recopilados en la norma NCH-934, 79. Prevención de riesgos. Clasificación de fuegos.
241. CLASE A: Son fuegos de combustibles ordinarios tales como madera, papel, géneros, caucho y diversos plásticos. Simbología: letra A sobre triángulo verde.
242. CLASE B: Fuegos que comprometen líquidos combustibles o inflamables, grasas y materiales similares en que la extinción es rápida y segura por eliminación del oxígeno del aire o interrumpiendo la reacción en cadena. Simbología: letra B blanca sobre cuadrado rojo.
243. CLASE C: Involucra a todo fuego que compromete equipos con energía eléctrica; y en que es necesario que el elemento extintor no sea conductor de la corriente, una vez desconectada la energía. El fuego es extinguido según el tipo de combustible comprometido y corresponderá a uno de la clase A, B. o C. Simbología: letra C sobre círculo azul.
244. CLASE D: Incluyen la combustión de ciertos metales como magnesio, sodio, potasio, titanio, zirconio, etc. Que al arder alcanzan temperaturas muy elevadas (2.700-3.300 C) y que requieren un elemento extintor no reactivo a dichas temperaturas. Simbología: letra D sobre estrella amarilla. Estos extintores trabajan por: Dispersión, separando el combustible para disminuir la concentración de calor. Enfriamiento, bajando la temperatura del combustible enfriado por agua. Sofocación, privando de oxígeno al combustible. Inhibición, ahogando químicamente las llamas al separar el oxígeno de la mezcla.

\*23.

CAPITULO 3. CAMPO EXPERIMENTAL EN EDIFICIOS.

31. CAUSAS Y ORIGEN DE LOS INCENDIOS: Es importante en nuestro estudio el poder determinar las causas de inicio de los incendios, en edificios de altura. Pero la información a sido recogida sin considerar el tipo de construcción que afecta el incendio. Por tanto estos cuadros dan la visión general del inicio o fuente de origen del fuego.

311. VALPARAISO AÑO 1978. \*31.

1.- Gas licuado	15,13 %.
2.- Corriente eléctrica	14,48 %.
3.- Fumadores	10,53 %.
4.- Estufas, cocinas, artefactos a parafina	7,24 %.
5.- Velas	3,30 %.
6.- Inflamación espontánea	1,97 %.
7.- Gas de cañería	1,97 %.
8.- Cocina a leña	3,97 %.
9.- Intencional	5,92 %.
10.- Otros orígenes y causas, objetos dejados en cocina, planchas, anafres, atascamiento de inceneradores, fogatas en patios o interiores, niños jugando con fósforos, soldaduras, chispas de aparatos, calentamientos inflamables,	28,94 %.
11.- No clasificados	6,58 %.

312. U.S.A.: Un estudio más de 25,000 casos en un periodo de 10 años. \*32.

1.- Eléctrico	23 %.
2.- Cigarro	18 %.
3.- Fricción; fuentes industriales como apoyos calientes y máquinas mal alineadas.	10 %.
4.- Sobrecaentamiento de materiales	8 %.
5.- Superficies calientes; resultante del calor por efecto de quemadores, lamparas y otros	7 %.
6.- Llamas encendidas	7 %.
7.- Cenizas encendidas; de inceneradores y otros equipos	5 %.
8.- Inflamación espontánea	4 %.
9.- Soldadura y cortado de metales	4 %.
10.- Otras causas; como exposición a un fuego, incendiarios, chispas mecánicas, acción química, chispas de electricidad estática.	14 %.

313. SANTIAGO AÑO 1979: Principales elementos de inflamación, causales de incendios. \*33.

1.- Parafina	66,7 %.
2.- Bencina	12,2 %.
3.- Gas	9,8 %.
4.- Petróleo	7,5 %.
5.- Varios	3,8 %.

32. DESARROLLO DEL FUEGO EN RECINTOS: Iniciado el fuego con la inflamación de algún material, este desarrollará una cantidad de calor que puede llevar a otros materiales en el recinto a alcanzar sus temperaturas de ignición, los que al arder aportaran más calor haciendo que la temperatura suba rápidamente. Experimentalmente se han medido las temperaturas y el tiempo en edificios cargados con su mobiliario en un incendio, quedando registrado en un gráfico el curso de las temperaturas y tiempo (Fig.31.).

La curva nos muestra entre A y B el periodo de crecimiento, en que la temperatura en el cuarto es baja, el peligro es relativamente pequeño con chance de propagarse a cuartos vecinos.

A medida que aumenta la temperatura, en B comienza el periodo de combustión. (Este periodo generalmente comienza con el flash, llamado así por la rapidez e instaneidad con que se inicia el encendido).

Los materiales combustibles comienzan arder activamente y la temperatura a subir hasta que se balancea con la perdida de calor a través de los muros que rodean el compartimento en fuego. Es un periodo de rápida destrucción, propagación del fuego y radiación de calor.

En C la temperatura comienza a decaer al consumirse la carga combustible y marca el fin del periodo de combustión. También parte del periodo de decadencia encierra peligro, ya que, aún, encierra altas temperaturas y puede provocar el colapso de la estructura.

Hasta este momento por la complejidad de las reacciones químicas, los traspasos de temperatura y masa de los combustibles, encierran dificultad de análisis.

En un modelo para observar su comportamiento se imponen dos condiciones; que cierto porcentaje de aire sea suministrado a través de las ventanas y que haya una uniformidad de

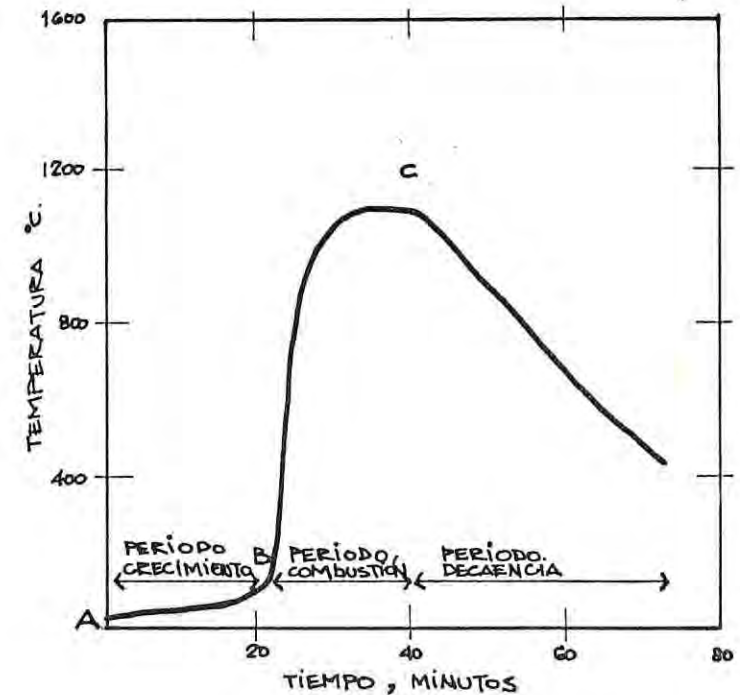


Fig.31. Gráfico del curso de las temperaturas y tiempo en un incendio.

los materiales en combustión.

321. PERIODO DE CRECIMIENTO: Este inicio, es de temperaturas bajas y el tiempo de duración es importante para la acción y trabajo de bomberos, además, para que el escape y evacuación de los ocupantes.

El calor de las llamas del elemento que inició el fuego en el recinto, produce la pirólisis de los materiales presentes en el cuarto o sea la descomposición físico-química del material por la aplicación de calor, generando los gases combustibles. Cuando el porcentaje de gases es suficientemente alto, éstos forman mezclas combustibles con el oxígeno del

del cuarto, las que encienden con las llamas ya existentes.

Los materiales fáciles de encender generan más calor y ayudan al crecimiento del fuego, ambas, tiempo de encendido y calor producido no sólo dependen del poder calórico y cantidad de éstos. Sino que, también, influyen su ubicación en los muros y cielos. Extensas áreas combustibles favorecen un rápido crecimiento.

Otros parámetros:

- A) Espaciamiento de los combustibles en el cuarto, hacen más difícil el inicio del fuego, que si estuvieran juntos.
- B) Tamaño y localización de la fuente de encendido.
- C) Tamaño y localización de las aberturas en el cuarto para captar oxígeno en su inicio.
- D) Dirección del viento y velocidad.
- E) Superficie y tamaño de los materiales combustibles en el cuarto.

Hay que recalcar que la información sobre este periodo es inadecuada para hacer una predicción cuantitativa de cada uno de los factores mencionados.

322. PERIODO DE COMBUSTION O QUEMADO: En este periodo los materiales combustibles pierden su masa generando gran cantidad de calor, elevando la temperatura hasta un punto máximo. El tiempo de duración de este periodo depende de la cantidad de material combustible y de la ventilación controlada requerida para consumir la masa total de los materiales combustibles.

Los gases producto de la combustión en el recinto son de diferentes densidad, que el aire del exterior. El aire y gases calientes suben a medida que el aire exterior frío ingresa por la parte baja de las aberturas.

La cuota o porcentaje de aire que ingresa depende de la combustibilidad de los materiales, dimensión de las aberturas y velocidad de com-

bustión.

3221. VELOCIDAD DE COMBUSTION: Es la razón entre la pérdida de masa de los materiales combustibles y el aire que ingresa por las aberturas. La velocidad de combustión puede ser determinada por la razón de aire que es suministrado al recinto. Es cierto hasta el punto en que, si hay un exceso de aire, como es el caso de una combustión al aire libre, esta no será controlada por la dimensión de las aberturas sino por la cantidad de combustible que puede arder a un mismo tiempo. Normalmente en un incendio hay un nivel de la abertura llamado plano neutro donde el aire frío fluye al interior por abajo (Fig.32.) y el aire caliente se desplaza al exterior por arriba, estableciéndose una velocidad para el perfil de la ventana.

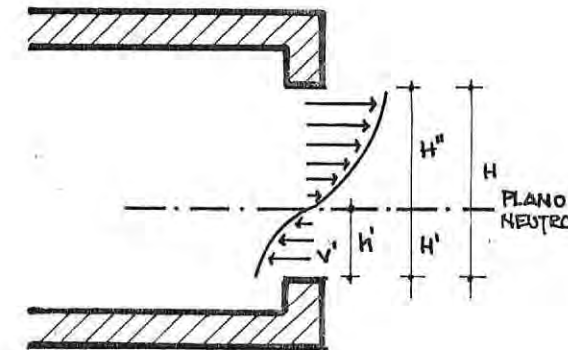


Fig.32. Velocidad del perfil de la ventana en incendio.

La altura de este plano es de importancia en la prevención de la propagación del calor y humo. Se establece que la velocidad del aire que ingresa determina la velocidad de combustión para un fuego de ventilación controlada, por la siguiente ecuación:

$$V' = A H' B_{v'm} \quad *34.$$

Donde:

- V' = Velocidad del aire que ingresa.
- A = Coeficiente de descarga (razón de descarga entre un fuego real y uno teórico de un gas que fluye a través de una ventana).
- H' = Altura de la ventana bajo el plano neutro.
- B = Dimensión horizontal de la ventana.
- v'm = Velocidad media del aire que ingresa.

La velocidad de combustión en un recinto esta dada por la expresión:

$$R = C S \sqrt{H'} \quad *35.$$

Donde:

- R = Velocidad de combustión.
- C = Es una constante que va de 5 a 6,2 y fue obtenido experimentalmente en función de ensayos realizados en modelos a escala natural, medios y pequeña escala.
- S = Area de la abertura, producto de  $H' \times B$ .

La expresión  $A \sqrt{H'}$  es llamado factor de ventilación y mide la velocidad de combustión de un fuego de ventilación controlada (Se

entiende por un fuego de ventilación controlada, en el cual la velocidad de combustión de los combustibles en el recinto es controlada por las aberturas, por cual el aire ingresa.

La velocidad de combustión, junto a otros factores, determina el curso de las temperaturas del periodo de combustión y decadencia.

323. PERIODO DE DECADENCIA: En este periodo la temperatura decae y los materiales quedan en estado de brasas, debiendo efectuarse la extinción con precaución para no ocasionar reacciones que puedan comprometer las condiciones de resistencia de la estructura.

Suele suceder en las capas inferiores de las brasas que el oxígeno baje a un porcentaje inferior a un 15 %, por el espesor de las capas imposibilitando la llegada del oxígeno para para que se realice la combustión completa. Existiendo el peligro de concentración de monóxido de carbono en los humos que se desprenden. Por tanto hay que tener precaución de ventilar para evitar el monóxido así como, también, de avivar el fuego.

33. SEVERIDAD DEL FUEGO: Estudios demuestran que valores iguales de contenido de materiales combustibles o carga de incendio, la severidad depende de las dimensiones de las aberturas, propiedades térmicas de los muros (calor específico, conductibilidad, capacidad y difusión térmica) y dimensiones del recinto que encierra el fuego.

Es importante para el diseño anti incendio el conocimiento de la posible severidad del fuego.

La severidad del fuego puede cambiar de edificio en edificio, de compartimento a compartimento, por su ubicación, ya sea dentro o fuera del recinto.

- \* 34. CARGA DE INCENDIO O CARGA COMBUSTIBLE: Se denomina carga de incendio a todo material combustible que en la combustión hace su aporte de calor.  
Las reacciones exotérmicas de la combustión de cada materia produce determinadas kilocalorías, así podemos asignarle un poder calórico a los combustibles:

MATERIAL	KILOCALORIAS
Madera	3.500 a 5.000 Kcal/Kg.
Textiles	4.400 a 5.000 Kcal/Kg.
Gomas	8.300 a 10.500 Kcal/Kg.
Papel	3.900 a 4.200 Kcal/Kg.
Grasas	7.500 a 9.500 Kcal/Kg.
Combustible líquido	10.000 a 12.000 Kcal/Kg.
Combustible sólido	5.500 a 7.800 Kcal/Kg.
Plásticos	4.000 a 10.000 Kcal/Kg. *36.

Se puede calcular el total de carga de incendio de un determinado recinto de acuerdo a las masas existentes

Algunas cargas de incendio para usos como:

Vivienda, oficinas, escuelas, hospitales	250.000 Kcal/mt <sup>2</sup> .
Comercio, bodega, fábrica	500.000 Kcal/mt <sup>2</sup> .
Industria, almacenes y bodegas de productos	1.000.000 Kcal/mt <sup>2</sup> . *37.

En U.S.A. para su medición se toma como base o se expresa en términos del peso de la madera, que por metro cuadrado producirá igual cantidad de calor que los materiales contenidos en un recinto. A modo de ejemplo: 1 Ki-

lo de combustible líquido es igual a 3 Kg. de madera por metro cuadrado.  
La carga de incendio es variable de piso en piso, de región en región, uso del edificio, tiempo y economía propia de cada país.  
Esta información es una variable importante para determinar la resistencia al fuego requerida en los edificios, por que define el nivel de peligrosidad y severidad del incendio.

35. VARIACION DE LAS TEMPERATURAS SEGUN CARGA DE INCENDIO: El investigador de incendios L. G. Seigel \*38. HA sugerido que la severidad depende fundamentalmente de la carga de incendio de acuerdo a los gráficos de las Fig. 33 y 34. En ellos se compara con la curva standard de incendio ASTM, explicada en el capítulo 5.  
Los gráficos nos muestran las temperaturas alcanzadas en fuegos para diferentes cargas de incendios:

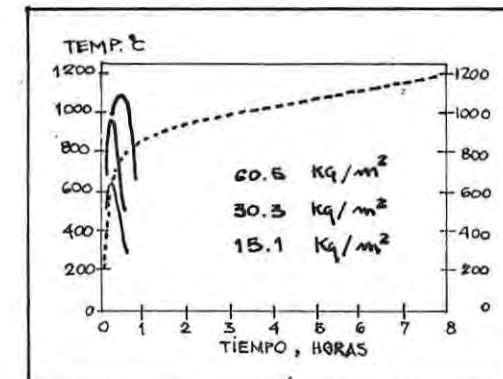


Fig. 33. Gráfico de tiempo y temperatura.

- A) Carga de incendio baja de  $15.1 \text{ Kg/Mt}^2$ .
- B) Carga de incendio moderada de  $30.3 \text{ Kg/Mt}^2$ .
- C) Carga de incendio alta de  $60.5 \text{ Kg/Mt}^2$ .

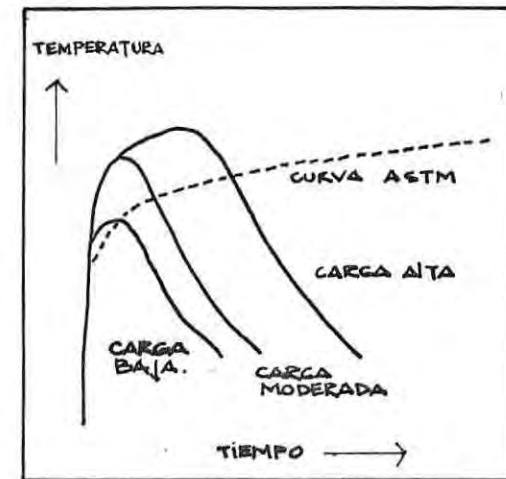


Fig.34. Gráfico comparativo para las tres cargas de incendios y la curva ASTM.

Se puede concluir que a mayor carga de incendio, mayores temperaturas probables. También los tiempos de duración son menores que los mostrados en los gráficos de las Fig. 31 y 51.

## CAPITULO 4. FORMAS DE PROPAGACION DEL FUEGO EN EDIFICIOS.

41. FORMAS DE TRANSMISION DEL CALOR: El calor se transmite desde una fuente de tres modos:

Por CONVECCION a través de movimiento de gases calientes de diferentes densidades.

Por RADIACION, ondas electromagnéticas de un cuerpo a altas temperaturas, y

Por CONDUCCION propagación interna del calor en el material, dependientes de las cualidades térmicas de cada material.

Estas formas de propagación, en un incendio no se dan aisladas, sino que en combinación o simultáneas. Son dependientes de los materiales y de las situaciones de cada fuego.

42. PROPAGACION DE UN FUEGO EN UN RECINTO: La propagación de un fuego en un recinto o compartimento depende de los materiales combustibles que se encuentren en el recinto o compartimento. De su facilidad de inflamación o naturaleza y dimensión de la fuente de origen del fuego. Gráficaremos el proceso de propagación del fuego hasta el instante anterior al flash en el recinto.

Supongamos una fuente de origen con llama aplicada sobre la madera..Ej. Un mechero, un soplete, un fósforo.

En un comienzo, antes de alcanzar la madera su temperatura de ignición por esta fuente, hay pérdida de calor por conducción (Fig.41.). Las piezas de mayor dimensión son más difícil de encender. Porque el calor se reparte en una superficie mayor, disminuye la temperatura en la superficie unitaria.

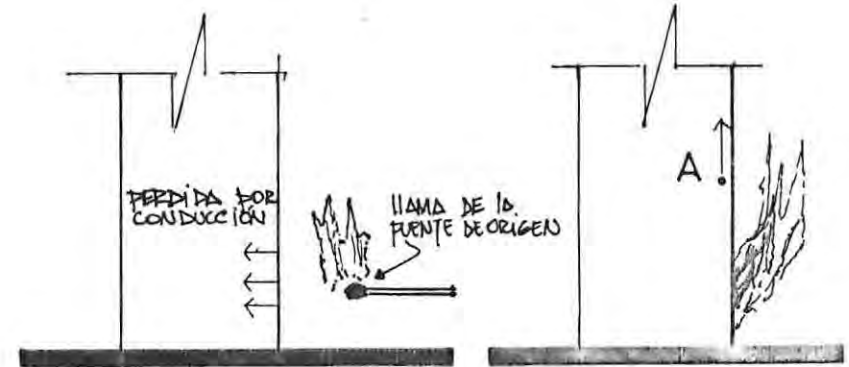


Fig.41. Inicio del ciclo de propagación.

Al cabo de un tiempo, esta pérdida por conducción será equilibrada. Al subir la temperatura de la madera, a los 200 C. comienzan los fenómenos de la pirólisis y alcanzar los 250 C. las llamas encenderán en la madera.. Se propagara a un punto A (Fig.41.), cuando en el punto determinado alcance la temperatura necesaria para flamear. El objeto  $M_2$  (Fig.42.) entrará en combustión cuando alcance su temperatura de ignición pro-

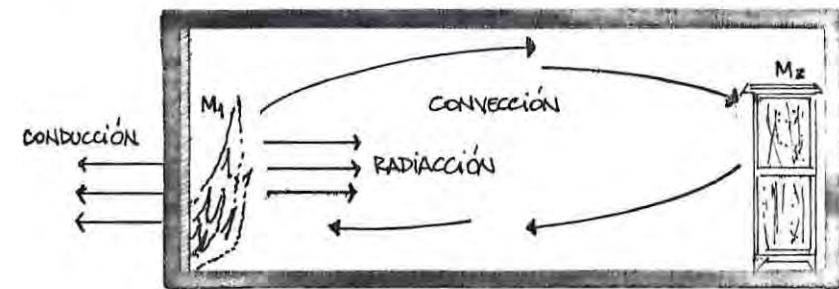


Fig.42. Propagación del calor en el recinto.

pia, dependiente de la intensidad de calor incidente y el tiempo de exposición. Desarrollada esta combustión en cadena, la temperatura sube, llevando a combustión a todos los materiales presentes en el recinto, en similitud de un flash. La temperatura subirá entre un rango de los 600 a 1.100 C. Dependiente de los factores mencionados en el capítulo anterior.

43. PROPAGACION ENTRE RECINTOS O COMPARTIMENTOS: La propagación del fuego dentro de un edificio, depende de la eficacia de la compartimentalización o de las cualidades de aislación con respecto al piso superior e inferior, de la resistencia al fuego de los tabiques, puertas y ventanas. Esta propagación puede ser en dirección horizontal por vanos, ventanas, puertas y entrepisos. Vertical a través de las ventanas, ductos, cajas de escalas y ascensores. La determinación de compartimentos en una forma racional, tiene una importancia relevante en la etapa inicial del desarrollo del fuego. Porque determina el área o volumen a quemarse y minimiza los riesgos de propagación al confinar el fuego a una área determinada.

431. EFECTO HONGO O CHIMENEA: Suele suceder que fuegos confinados en compartimentos; éstos no logran su oxigenación requerida para poder realizar su combustión. Encierran gran cantidad de gases sin quemar, humo y monóxido de carbono como producto de la combustión incompleta. En cierta manera, se está cargando una bomba, que, si no se procede a ventilar o dar salida adecuadamente, puede propagar el fuego a áreas bastante distantes del foco. La descompresión violenta de los gases en el cuarto; pueden seguir el curso de alguna puerta abierta, ductos de ventilación, cajas de escalas o ascensores. Tanto a los pisos superiores como inferiores.

Por eso bomberos experimentados al constatar esta situación, por la presencia de humo negro sin llamas, combaten el fuego abriendo una abertura en el techo para dejar escapar los gases calientes, humo y calor. Posteriormente proceden atacar el fuego por su base; este efecto se le denomina efecto chimenea o hongo.

432. PROPAGACION DEL FUEGO VERTICAL PISO A PISO, A TRAVES DE LAS VENTANAS: Este modo de propagación es bastante común en edificios de altu-

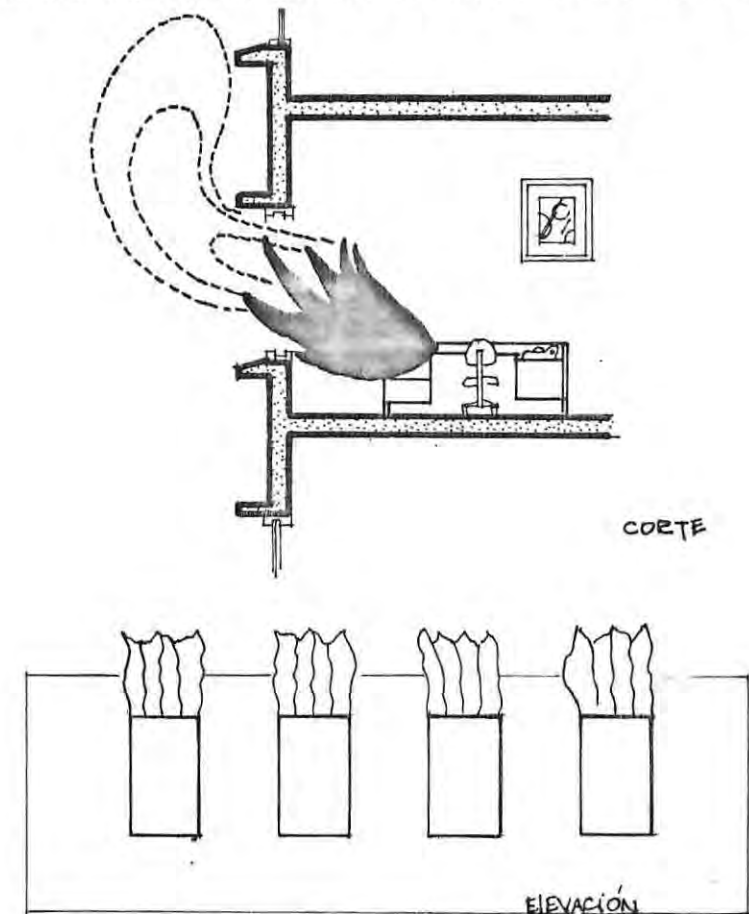


Fig.43. Zonas o distribución del calor y llamas en una ventana.

ra. Porque un compartimento siempre tiene, mínimo, una de las caras con ventanas. En estas aberturas ocurre la toma de oxígeno, la evacuación de los gases y proyección de las llamas, es un punto potencial de propagación. En el desarrollo de un incendio la propagación puede ocurrir por:

- Exposición de los muros externos al calor de las llamas, como consecuencia, penetración del calor por conducción a los materiales combustibles.
- Exposición de los materiales combustibles en los muros externos e ignición de estos materiales
- Exposición de materiales combustibles en el cuarto superior al fuego por convección y radiación del calor de las llamas, a través de las ventanas.

- MATERIALES COMBUSTIBLES QUE SE PUEDEN

#### 433. PROPAGACION HORIZONTAL A TRAVES DE VENTANAS:

En algunos casos suele ocurrir propagación horizontal entre compartimentos a través de las ventanas. Ya sea por la acción del viento, que da un mayor alcance a las llamas, o por la dimensión demasiado pequeña del espaciamiento entre las ventanas.



La foto muestra la potencia calórica de las llamas en un momento del incendio, se puede observar cómo estallan los vidrios.

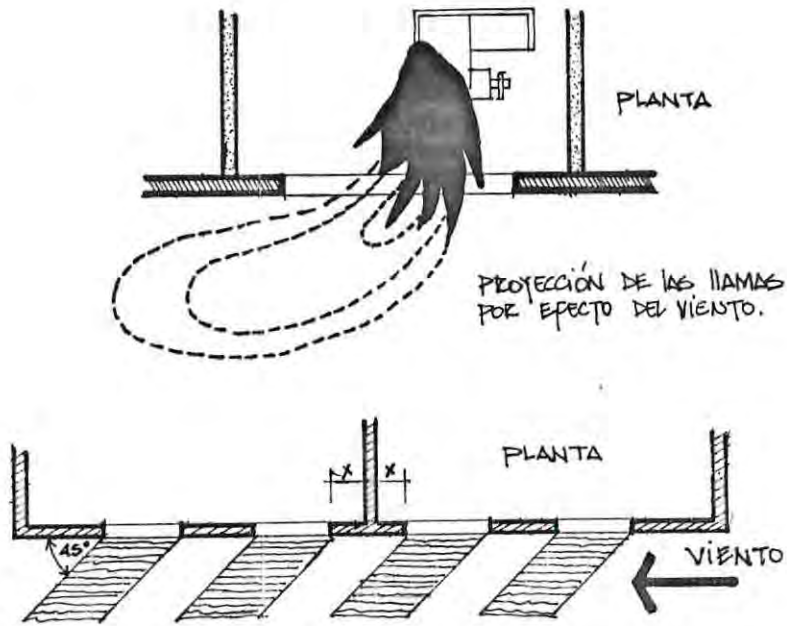


Fig.44. Proyección en planta de las llamas y el calor por efecto del viento.

44. ESTIMACION DE LA TEMPERATURA, DE LAS LLAMAS QUE FLUYEN DE UNA VENTANA: La estimación de la temperatura por el cálculo empírico de formulas es factible aunque complejo. Por el número de variables que intervienen. El avance de la ciencia a sido más rápido en el campo experimental, a través de ensayos se ha determinado las temperaturas y proyección de las llamas, reemplazando el manejo de complicadas formulas. Por métodos experimentales con un rango mayor de precisión. El corte a una ventana, mostrado en la Fig. 45., nos da las temperaturas registradas por la proyección de las llamas y calor. El ensayo fue realizado por un método termo-

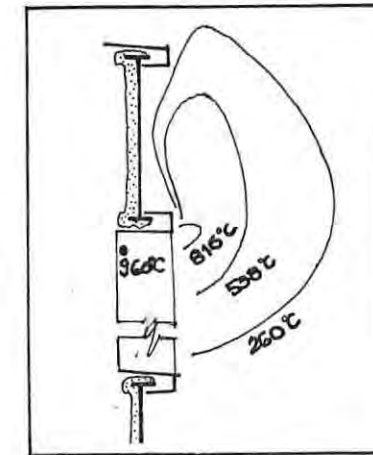


Fig.45. Temperatura y zonas de calor de una ventana en un incendio.

dinámico, para las vigas metálicas de antepecho, exteriores del edificio One Liberty Plaza, U.S.A. \*41. Las temperaturas se distribuyen en tres zonas diferentes. Una primera lengua con una temperatura de 815 C. y una segunda de 538 C. Una última de 260 C. Esta distribución de mayor a menor en cuenta su más alta temperatura en el eje de la ventana; de 926 C.

441. VARIACION DE LA CONFIGURACION DE LAS LLAMAS: El uso de salientes, balcones y aleros, permiten desviar o deformar la configuración de las zonas de calor y llamas. Del Architectural Engineering \*42.



Condiciones de viento Condiciones normales

Fig.46. Distribución del calor en condiciones de viento y normales.

En él aparecen sugerencias de diseño elaboradas por Ove Arup Designer's para la protección de las llamas y calor emergentes. Disminuyendo el alto efectivo de las zonas de calor.

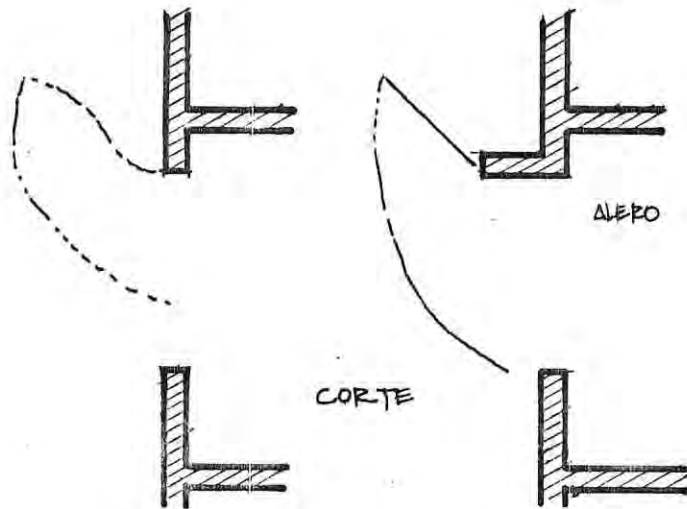


Fig.47. Proyección de las llamas para dos situaciones diferentes.

Los dos ejemplos (Fig. 47.- 48.) favorecen la protección de los pisos superiores alejando el campo de calor hacia el exterior; disminuyen-

do la proyección y el alto efectivo del calor.

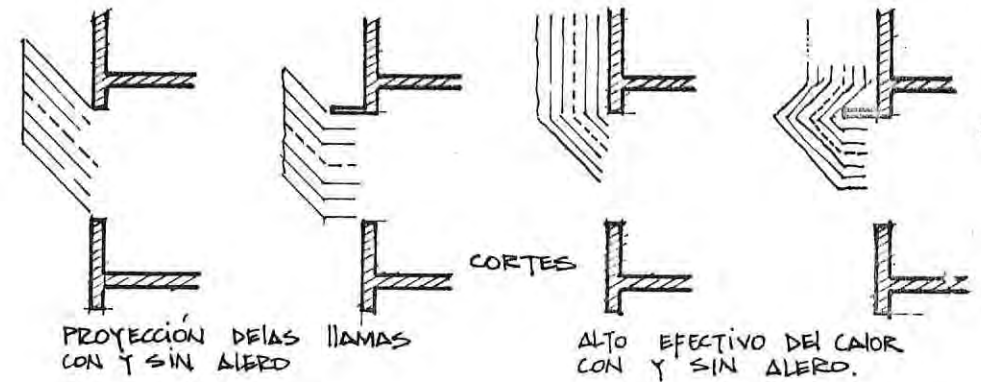


Fig.48. Cambio de proyección de las llamas y alto efectivo del calor para dos situaciones, con y sin alero.

45. PROPAGACION DE UN EDIFICIO A OTRO: Esta forma de propagación, tiene su mayor efecto en el momento mismo del siniestro, ya que, fuera de control puede ocasionar incendio de manzanas enteras. El calor en este caso se propaga por radiación a través del espacio en forma de ondas electromagnéticas, que tienen largos de ondas que van de 1 a 10  $\mu$ m. y convección por movimiento de gases calientes en el espacio circundante a los edificios. Para este caso de radiación en que existe un cuerpo caliente radiante, parte del calor emitido es reflejado y la mayor parte absorbida. Los cuerpos negros absorben casi la totalidad de la energía emitida. Ahora bien cuando un material es calentado por radiación, reacciones de descomposición y oxidación ocurren; lo que en el receptor se inició a baja temperatura, progresivamente, su-

be y la ignición ocurre.

451. INTENSIDAD CRITICA DE IGNICION: Cuando la radiación es captada por un material la temperatura de su superficie sube y desde ésta el calor transferido al interior por conducción. A mayor intensidad de radiación sobre el material más cerca llegará a su temperatura de ignición. O sea, que nos bastará con saber cuanto tiempo de radiación sobre el material para alcanzar su ignición, con cierta intensidad de radiación conocida.

INTENSIDAD CRITICA DE RADIACION PARA ALGUNOS MATERIALES.

MATERIAL	Intensidad crítica Kcal/cm <sup>2</sup> seg.		
	IGNICION		
	Superficial	Piloto	Espontánea
Madera	0,1	0,35	0,7
Madera con pintura corriente	-	0,4	0,55- 1,2
Tablero de fibra con aislación	-	0,15	0,6
Cartón piedra	0,1	0,25	-
Textiles	-	-	1,0
Yute, cera corcho	-	0,08	0,55
Cubierta con techo Butiminoso	0,07	-	-

Este efecto de radiación tiene diferentes connotaciones; sujetas a la hora del día, presencia de viento, densidad de la edificación y los materiales de revestimiento de los edificios. Pues, el efecto de radiación se puede ver acentuado con la presencia de viento y por tanto la convección puede causar ignición a distancia.

El caso del siniestro en la población Gomez Carreño, ocurrido a las 16.00 PM. acompañado de altas temperaturas del ambiente, ocasionó

la ignición del pasto seco y el incendio se propagó a las viviendas.

La ignición a distancia, también se favorece por la proximidad entre las construcciones, materiales combustibles en revestimientos exteriores y ausencia de muros cortafuegos. La demarcación de zonas de incendios en áreas urbanas disminuyen los riesgos de propagación en los sectores urbanos, también el diseño de fachadas incombustibles.

Los autores J. H. Mc Guire y G. Williams-Leir, exponen métodos de cálculo para la determinación de la distancia segura de separación entre edificios en los textos:

"Fire and spatial separation of building".

Fire Tecnology Nº 4, 1965.

"Approximations for spatial separation".

Fire Tecnology Nº 2, 1966.

46. PROPAGACION DEL FUEGO EN GRANDES RECINTOS O RECINTOS ESPECIALES: Remover el humo, gases y calor por medio de ventilación es un buen método de prevenir la propagación del fuego; lo anterior se cumple solo para fuegos o focos pequeños y puntuales, porque, a medida que el fuego crece, estas ventilaciones, a la inversa, aumentan la velocidad de la combustión. Estas ventilaciones se usan en recintos de grandes dimensiones en que la compartimentalización no puede ser aplicada y en momentos hay grandes concentraciones de personas. Esto permite tener un ambiente libre de humo y calor, facilitando la evacuación del recinto y trabajo de bomberos. El pasado ha mostrado grandes pérdidas por motivo de una rápida propagación del calor y humo. Lo que ocasiona la pérdida de la visión, al mismo tiempo acelera la acumulación del calor y crecimiento del incendio.

461. PRINCIPIO DE VENTILACION POR EL TECHO: Ventilar significa proveer aberturas en el techo, con operadores automáticos para abrirse a la presencia de gases calientes; la cantidad de producción de gases depende del tamaño del fuego.

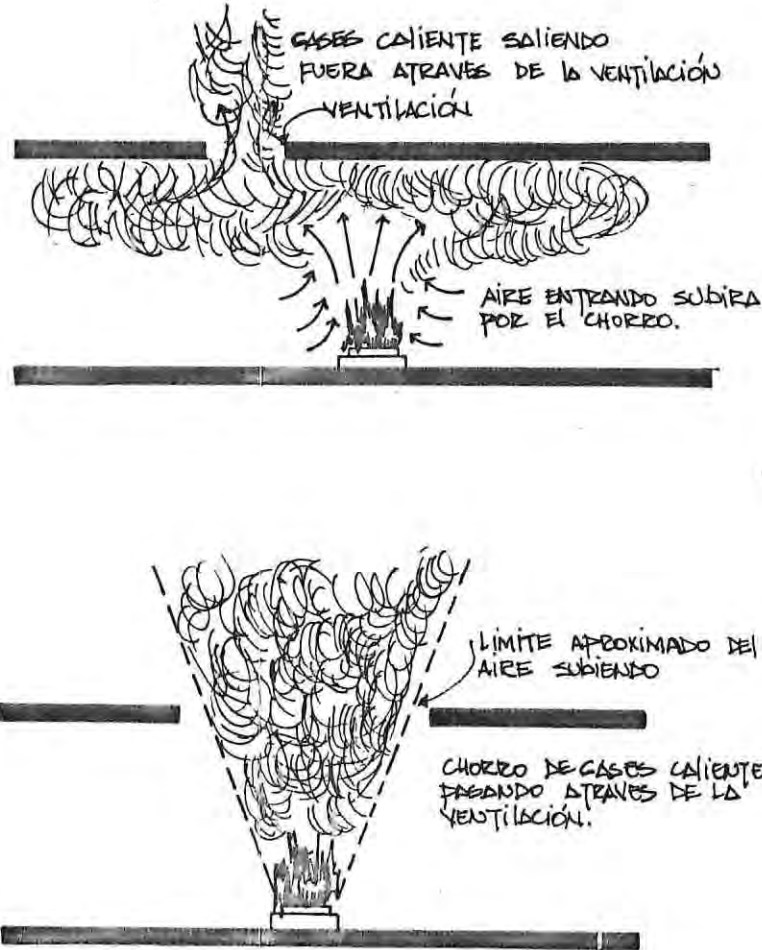
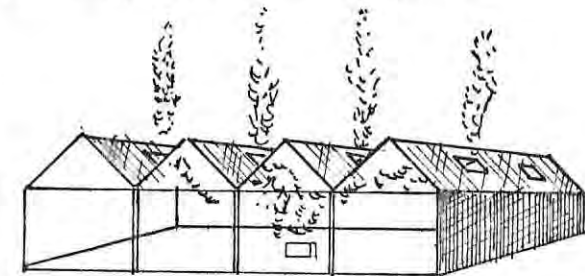
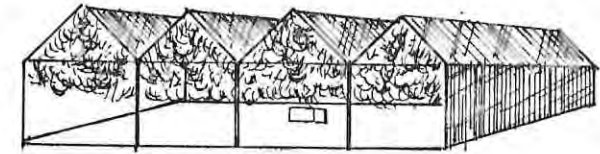
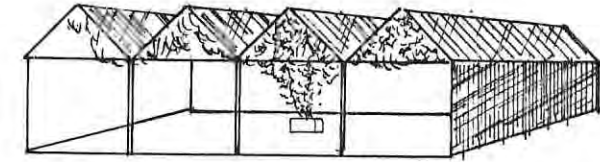


Fig. 49. Curso de los humos y gases por aberturas de diferentes dimensiones.



PRINCIPIO DE VENTILACIÓN POR EL TECHO.

Fig.410. Acumulación de humo y principio de ventilación.

En ausencia de ventilaciones en el techo, los gases caliente producto de la combustión, llenan el cielo del edificio, de arriba hacia abajo (Fig.410.). Con el periodo de crecimiento del fuego, la producción de gases sube y éstos no podrán ser removidos por la ausencia de ventilaciones. La capa es incrementada con el progreso del fuego así.

Estas ventilaciones son necesarias para teatros y escenarios, previenen la propagación del humo y mantienen una visibilidad; demoran el desarrollo del fuego por un tiempo razonable, hasta la llegada de bomberos.

462. MOVIMIENTOS DEL AIRE Y GASES DE UN INCENDIO EN UN TEATRO.

- A) La sección sin aberturas en el escenario, bajo cierto nivel, llamado plano neutro, el aire frío, se desplaza desde el auditorio al escenario; sobre el plano neutro gases calientes y humo se mueven desde el escenario al auditorio.

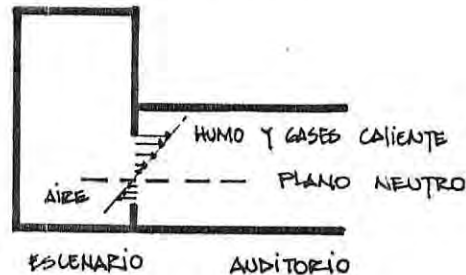


Fig.11a. Sin ventilación en el techo.

- B) Abriendo aberturas en los altos del escenario, la altura del plano neutro se desplaza hacia arriba. Además, permite la salida de gases calientes y humo.

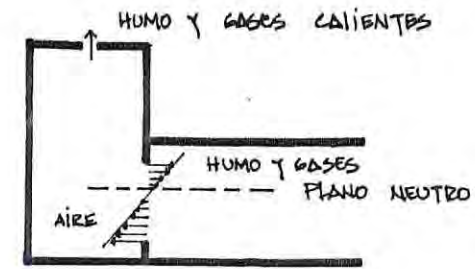


Fig.411b. Con una ventilación pequeña en el techo.

- C) Si se hace coincidir el plano neutro con el nivel superior del telón. En esta situación no hay movimiento de gases, ni humo desde el escenario hacia el auditorio.

El humo y gases calientes son removidos a través de las ventilaciones.

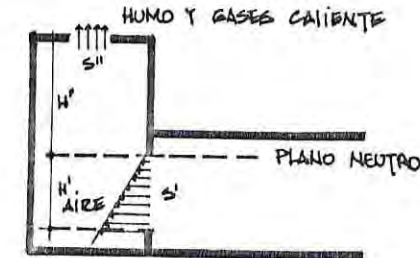


Fig.411c. Movimiento de humo y gases en un escenario con ventilaciones.

47. DESCRIPCION DE UN INCENDIO EN UN EDIFICIO DE AL-TURA: La mañana del Sabado 21 de Marzo ocurrió un incendio en la torre Santa María de Santiago. Este edificio de 30 pisos, con 625 Mt<sup>2</sup> por pi-

so. Tiene una plaza a nivel de calle y cuatro niveles de estacionamiento subterráneo.

Su estructura, de hormigón armado, con un núcleo central y pilares de apoyo en su perímetro, se encuentran cerradas en sus cuatro fachadas por muros cortinas de cristales sin posibilidad de aberturas. Por tanto cuenta con un sistema de microclima con aire acondicionado y calefacción.

En su núcleo central se encuentran en línea 5 ascensores (4 para circulación y 1 de servicio).

Las escalas se ubican en un túnel vertical de concreto estanco, absolutamente resistente al fuego, sellado hacia el resto de los pisos por puertas incombustibles. Para asegurar dos horas y media de aislación a las llamas y el humo.

Un generador de emergencia da energía para su iluminación de emergencia y presuriza el aire de la caja de escala, obligando al aire tomar otra dirección. Al entrar en servicio este generador hace bajar automáticamente los ascensores al primer piso y los detiene. Dejando uno para uso del cuerpo de bomberos.

También el edificio cuenta con un sistema de evacuación, prevención y ataque al fuego.

El sistema de prevención tiene una red de detectores de humo, en cada piso. Comunicado a un panel central de control ubicado en el primer piso.

Además, un citófono de emergencia en cada piso, para comunicarse directamente con la administración.

Para efectuar el ataque al fuego, un sistema doble de red seca y húmeda de agua ubicados en cada piso.

La red seca parte desde un punto ubicado al exterior de la torre, permite que bomberos conecten sus carros bombas o sistemas de agua, para que impulsen el líquido a todos los pisos del edificio a través de las cañe-

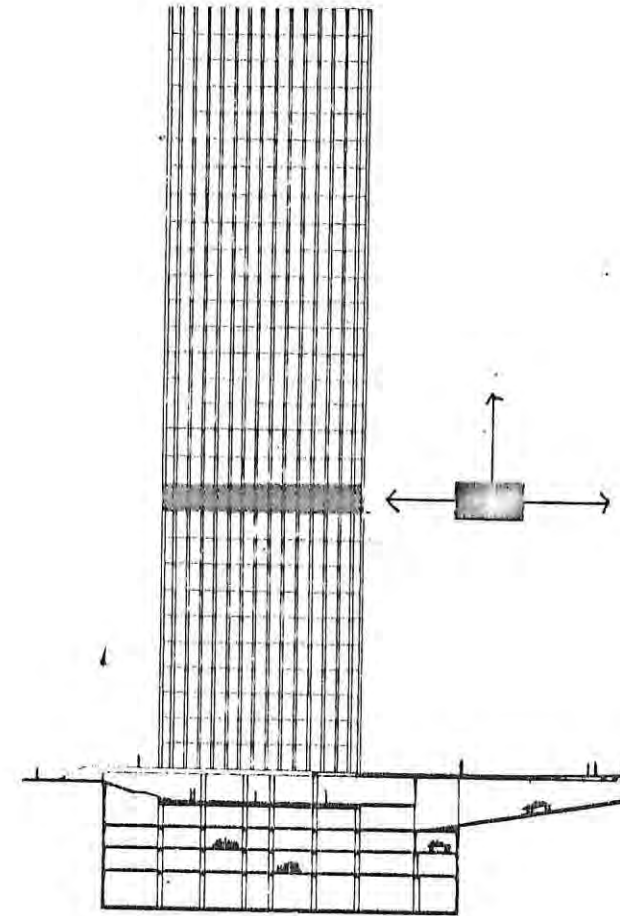


Fig.412. Elevación, indicado el punto de origen y direcciones de propagación.

rias.

La red húmeda consiste en una red que parte de un estanque superior de 20.000 litros y desembocan en dos mangueras de 25 mt., con sus respectivos pistones.

Completan el sistema de ataque, dos extinguidores manuales por caja de incendio.

La evacuación del edificio, en el que pueden encontrarse hasta 800 personas, a razón de 20 a 30 por piso, se realiza por el área de seguridad vertical o cajas de escalas, que es apoyado por el grupo electrógeno que entra en servicio automáticamente cuando se corta el suministro de energía eléctrica. Este generador ilumina las escalas y puntos claves, presuriza el aire y dirige los ascensores al primer piso.

Un sistema visible de señalización de las vías de escapes, dan las direcciones que deben seguirse en la evacuación.

471. CAUSAS Y ORIGEN DEL FUEGO: Un grupo de trabajadores se encontraba en el decimosegundo piso, instalando alfombras y utilizaban pegamento de neópren.

La acumulación de gases, emanados por el diluyente componente del neópren, se acumuló en proporciones altamente peligrosas, al no ser evacuados por el sistema de aire acondicionado.

Anterior al momento de la inflamación se había dispuesto o romper un vidrio de la ventana y abrieron las puertas de la escala de seguridad con cuñas; con el fin de facilitar la ventilación y movimiento de aire del ambiente saturado.

La ignición, producto de una chispa de un encendedor de seguridad, produjo un flash instantáneo que en pocos minutos llenó el piso en llamas.

La ventana abierta proporcionó el oxígeno necesario para comenzar el periodo de combustión violentamente; subió rápidamente la temperatura y el fuego se propagó a través de la caja de escala por el efecto de chimenea, que había quedado abierta.

Según consta en el informe del cuerpo de bomberos:

"La propagación del fuego y humo espeso producto de la combustión



Momentos del incendio en la torre.

Escalas de seguridad.

de los elementos plásticos, se propagó a través de la caja de ascensores y escala a los pisos superiores" \*43.

Las explosiones de los tarros de neópren dejados abandonados, aportaron más carga de incendio, facilitando su propagación y aumentando la severidad del fuego.

Unas 25 personas atrapadas en los pisos superiores, lograron subir a la terraza por las escalas llenas de humo. Donde fueron evacuados por helicópteros en peligrosas maniobras. Ya que la ascensión de gases calientes y corrientes producto del incendio, baja el rendimiento de los motores de los helicópteros.

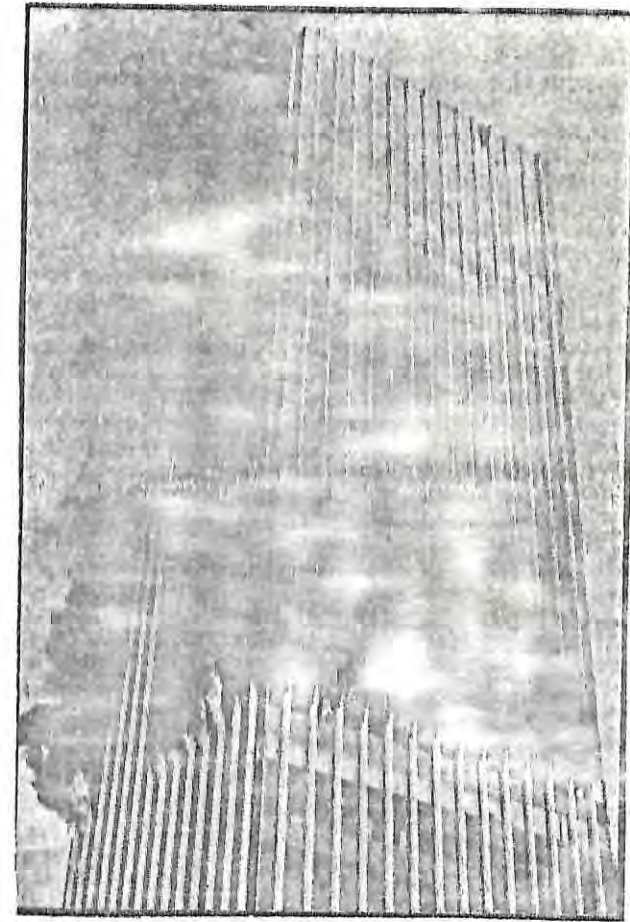
472. COMBATE Y EXTINCION DEL FUEGO: A los 30 minutos de iniciado el siniestro arribo el primer carro del cuerpo de bomberos, los que procedieron a atacar el fuego desde el exterior e interior.

La propagación del fuego fue limitada al decimosegundo y decimotercero, favoreciendo que este último se encontraba desocupado no aportando mayor carga de incendio.

473. PERDIDAS DE VIDAS HUMANAS: El recuento de las víctimas, después del siniestro, ascendió a 11 personas.

Los desesos se debieron al pánico, al lanzarse al vacío; 5 de las víctimas fueron encontradas entre los pisos decimosegundo y decimotercero, carbonizados; los cuatro restantes muertos por asfixia al quedar atrapados en el ascensor en el decimoctavo.

474. EVALUACION DE LOS SISTEMAS DE PREVENCION, EVACUACION Y EXTINCION: Las investigaciones realizadas posteriormente demuestran que la alarma



fue activada en el panel central, lo que motivó la llegada de dos empleados de seguridad al piso decimosegundo. Los que, más tarde, fueron encontrados carbonizados en el recuento de las víctimas.

El hecho que las medidas de apoyo a la evacuación como: luces auxiliares, presurización del aire en caja de escala y ascensores. No funcionaron a lo largo de todo el tiempo que duró el incendio. Porque al momento de la alarma, el funcionario, a cargo del panel de mando, no desconectó el suministro de energía eléctrica; que era el activador de partida del

generador a cargo de las funciones de apoyo a la evacuación.

Cabe preguntarse; ¿Por qué el panel central no estaba diseñado para activar el generador sin la intervención manual?

Como es el caso de paneles de mando que al activarse la alarma, desconecta la alimentación de gas, eléctrica, combustible e inician mecanismos de prevención y otros.



El equipo de bomberos es apropiado hasta el 10º piso

El sistema de extinción y combate al fuego funcionaron normalmente y permitieron la pronta extinción del fuego.

En el desarrollo del siniestro los usuarios demostraron un desconocimiento de ciertas normas y pautas de conducta. Que deben guardarse en caso de incendio, ya que el pánico predominó.

El hecho más trágico fue que un miembro del cuerpo de bombero con tres personas, encontraron la muerte en uno de los ascensores al quedar bloqueados. Siendo que éstos, por seguridad, no deben ser utilizados como medios de evacuación, sino solo de uso restringido por bomberos. Este desconocimiento costó la vida a 4 personas.

Este incendio demostró la efectividad del rescate aéreo, aunque el riesgo que generan el calor deben ser considerados.

CAPITULO 5. COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES AL FUEGO.

51. METODOS DE ENSAYO PARA INVESTIGAR LA CONDUCTA AL FUEGO DE LOS MATERIALES Y ELEMENTOS ESTRUCTURALES: Las grandes catástrofes ha llevado al estudio de los fenómenos e investigación del comportamiento de los materiales frente al fuego.

Incentivado por el apoyo de las compañías de seguro y organizaciones estatales como la AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS (ASTM), U.S.A. es el país que ha marcado los hitos en la investigación en este campo.

La ASTM establece los criterios requeridos por los ensayos, conformando con ellos las bases del campo de la ingeniería y cálculo de la resistencia al fuego. Para estructuras y componentes constructivos.

En la actualidad las normas de edificación de U.S.A. hacen referencia a un gran número de ensayos que deben cumplir los materiales y componentes.

Los principales son:

AIA	1968	Fire resistance rating. Grados de resistencia al fuego.
ASTM E-84	1970	Standars methods of test for surfaces burning characteristics of building materials. Método de ensayo de los materiales de construcción de las características de quemado superficial.
ASTM E-108	1970	Standard method of fire test of roof covering. Método de ensayo al fuego para techos.
ASTM E-119	1973	Standard methods of fire test of building construction and materials.

Método de ensayo de incendio de los materiales de construcción y componentes constructivos.

ASTM E-136	1965	Method of test for determining non combustibility of elementary materials. Método de ensayo para determinar la combustibilidad de los materiales de construcción elementales.
ASTM E-152	1972	Standard methods of fire test of door assemblies. Método de ensayo al fuego para componentes de puertas.
ASTM E-163	1965	Standard methods of fire test of window assemblies. Método de ensayo al fuego para componentes de ventanas.
AWPA C-20	1970	Structural lumber-fire retardant treatment by pressure processes. tratamientos retardantes al fuego y proceso de alta presión para elementos estructurales de madera en gran escuadria.
NEPA N-80	1973	Installation of fire doors and windows. Instalación de puertas y ventanas contra el fuego.
NEPA N-701	1969	Standard methods of fire test for flame-resistant textiles and films Métodos de ensayos de resistencia al fuego y las llamas para textiles y films.
ULI S-723	1960	Test method for fire hazard classi-

fication of building materials.  
Método de ensayo para la clasificación de los edificios y peligros de fuegos de los contenidos en edificios.

ULI S- 555 1970 Fire dampers.  
Compuertas en ductos de ventilación.

Principales objetivos de estos ensayos:

- 1) Determinar la combustibilidad o incombustibilidad de los materiales utilizados en la construcción.
- 2) Determinar patrones unificados de la severidad del fuego.
- 3) Determinar las características de resistencia al fuego de los materiales usados en estructuras
- 4) Dictar las normas de fabricación, procedimientos de instalación de los componentes constructivos contra la acción del fuego.
- 5) Uniformar los requerimientos para los materiales de la construcción, así, obtener una real seguridad, protección y prevención de los fuegos en edificios.

511. ENSAYO DE COMBUSTIBILIDAD DE LOS MATERIALES (ASTM E-136): Método de ensayo para determinar la combustibilidad de los materiales elementales usados en la construcción. Este ensayo es similar al recomendado por la INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION (ISO). La importancia de este ensayo radica que al clasificar un material de incombustible. Tendremos la seguridad de que este no aportara calor, humo, ni combustible. No dan oportunidad de recomenzar un fuego y no contribuyen

a incrementar la temperatura durante el tiempo de incendio.

512. ENSAYO DE PROPAGACION SUPERFICIAL DE LAS LLAMAS EN MATERIALES COMBUSTIBLES (ASTM E-84): Este ensayo mide la velocidad de propagación superficial de las llamas sobre los materiales combustibles. Secundariamente en este ensayo, se miden la contribución de combustible y densidad de humo, producto de la combustión del material sometido a ensayo. La propagación de las llamas es una propiedad de cada material y que es importante en el periodo de crecimiento del incendio. Porque la presencia en el cuarto de materiales con alto grado de propagación superficial, permiten la rápida propagación e ignición de los materiales combustibles. El ensayo se realiza en un túnel, donde ha sido colocado muestras de material, tal cual es producido o aplicado en la construcción, por eso, a veces las muestras resultan de diferentes espesores. La cámara se carga colocando el material en un ancho de 20 pulgadas por 25 pies de largo (0,50 X 7,62 Mts.). Una vez cargada la cámara se aplica una llama de gas en una desus bocas. Se toman mediciones de avance cada 30 segundos, con aparatos de células eléctrica. La propagación de las llamas es medida en grados de velocidad y es comparada en una escala de 0 para el asbesto cemento y 100 para el roble rojo. En función de la propagación los materiales son clasificados:

MATERIALES CLASE	GRADO DE PROPAGACION
A	0 - 25
B	26 - 75
C	76 - 100.

TABLA DE PROPAGACION DE LAS LLAMAS PARA ALGUNOS MATERIALES.

MATERIALES	GRADO
Plancha de asbesto.	0
Plywood o terciado con tratamiento retardante.	25 o menos.
Plywood o terciado con pintura retardante.	25 o menos.
Madera de gran escuadria con tratamiento retardante	25 o menos.
Roble rojo de gran escuadria	100.
Plywood o terciado	75 - 200.

\*51.

5121. TRATAMIENTOS RETARDANTES PARA LA MADERA: En U.S.A. exigen que la aplicación de madera en terminaciones y estructura sean previamente tratadas, según las normas de la AMERICAN WOOD PRESERVERS ASSOCIATION STANDARD.

Los tratamientos son a base de sales solubles en agua como bromuro de amonio, borax, ácido bórico, fosfatos y sales de sodio que se aplican a altas presiones. O aplicadas por capas como si fueran pinturas, este último se usa en antiguas estructuras de madera que se desean proteger. Esto ayuda a que los pequeños fuegos progresen lentamente y den tiempo suficiente para evacuar y extinguir el fuego.

Se ha demostrado y la tabla anterior nos da valores para dos maderas, una con tratamiento, grado de propagación 25 o menos. Para igual madera sin tratamiento sobre 75 grados.

El objetivo de estos tratamientos, bajar las cualidades de propagación, probabilidad de ignición y generación de humo, inhibiendo el material combustible.

Son los mejores tratamientos para bajar la combustibilidad y grados de propagación de las

llamas para cortinas y alfombras de salas de espectáculos con gran afluencia de público. Un problema común a tales tratamientos, es que los químicos de impregnación son solubles en agua. Debiéndose repetir el tratamiento cada vez que se laven.

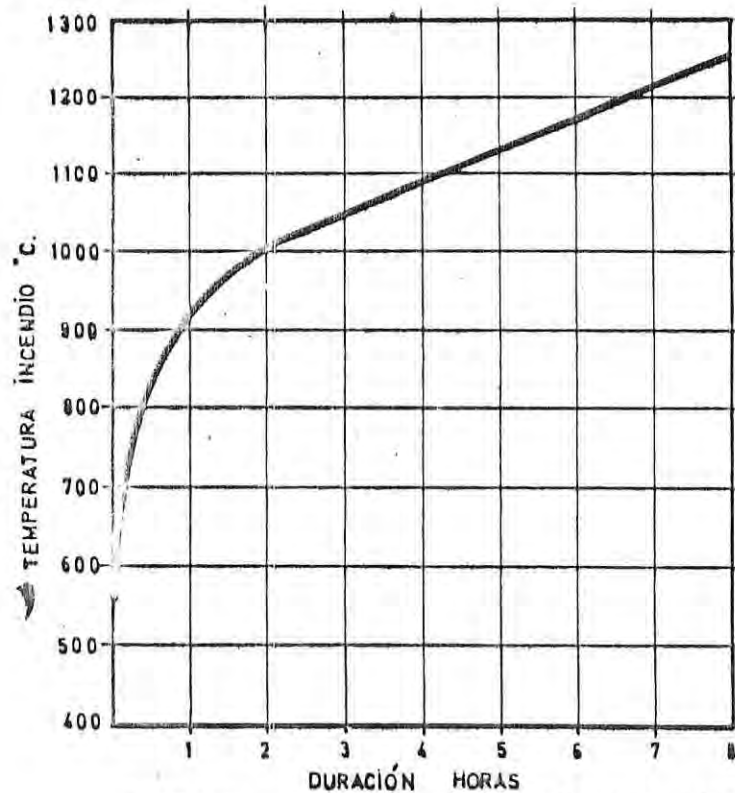
513. ENSAYO DE RESISTENCIA AL FUEGO PARA ELEMENTOS Y COMPONENTES CONSTRUCTIVOS: Es el ensayo de mayor relevancia, para medir la resistencia al fuego de los elementos constructivos o componentes.

Se entiende por resistencia al fuego la cualidad de contener el fuego dentro del compartimento en que se originó, a la no penetración de gases a través de muros, pisos y cielos, sea directa o a través del alto grado de calor transferido por conductibilidad. Que puede causar la ignición de los materiales combustibles al otro lado del muro o losa. Por último a la capacidad de mantenerse bajo condiciones de integridad por un determinado número de horas.

Este ensayo es llevado a cabo sometiendo los especímenes bajo la simulación de un incendio. En que la severidad está dada por una curva de temperaturas y tiempos. Esta curva es llamada curva standard de incendio y tiene como finalidad tener condiciones de severidad similares para todas las pruebas.

Puntos fijos de la curva:

TIEMPO EN MINUTOS	TEMPERATURA SUBE A C.
5	556
10	659
15	718
30	821
60	925
90	986
120	1,029
180	1,090
240	1,133
360	1,193.



**CURVA STANDARD DE INCENDIO**

-Fig.51. Gráfico de la curva standard de incendio.

5131. PROBLEMAS DE SIMULACION Y UBICACION DE LOS ELEMENTOS: Una de las dificultades en el proceso del ensayo, es reproducir la situación real que se encuentran en servicio los elementos estructurales. Poder reproducir idénticas condiciones de carga, impedimentos a expansiones térmicas y de continuidad constructiva de la estructura. Así como los momentos y rotación restringida, son situaciones bastante difíciles de reproducir individualmente en el elemento, esto conlleva a un margen de imprecisión en las pruebas.

Los especímenes son sometidos a ensayo, en posición similar, como estaran en servicio. Losas de piso, cielos o techos se ubican en posición horizontal con su carga máxima, a su capacidad de resistencia. Los muros son probados verticalmente, si son muros de carga, éstos, también serán sometidos con su carga máxima de resistencia.

5132. CONDICIONES DE ACEPTABILIDAD QUE DEBEN CUMPLIR LOS ELEMENTOS: Para considerar un elemento resistente al fuego, debe cumplir con determinadas condiciones después del ensayo:

- A) ESTABILIDAD: Los elementos deben cumplir con ciertos rangos de flecha aceptables y específico según sean losas, vigas u otro.
- B) INTEGRIDAD: Capacidad de no dejar pasar las llamas o gases calientes. Se hace colocando una bola de algodón en la cara no expuesta del espécimen, el cual no debera ser ignetado.
- C) AISLACION: Se refiere a condiciones de traspaso de calor a través del espécimen.
- C1) La temperatura máxima en cualquier punto de la cara no expuesta, no debe exceder de la temperatura inicial más de 180 C.
- C2) La temperatura promedio de la cara no expuesta al fuego no debe superar los 140 C. ISO recomienda que la temperatura no exceda 220 C. de la temperatura inicial.

Además de las condiciones anteriores, el espécimen no deben mostrar disgregaciones, ni grietas, que puedan reducir resistencia al elemento.

5133. INTERPRETACION DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA AL FUEGO: La resistencia al fuego de un espécimen sometido a ensayo; es definido como el

tiempo durante el cual el espécimen, satisfice los criterios de estabilidad, integridad y aislación.  
 Cuando es expuesto a un fuego representado por la curva standard de incendio.

Por tanto:

$$R = K \cdot t$$

Donde,

- R = Resistencia al fuego en horas de un elemento.
- t = Duración anticipada del fuego, para el elemento sometido a ensayo.
- K = Factor de seguridad de resistencia al fuego.

Este último factor recoge las imprecisiones de simulación o de las condiciones de ensayo, calidad de los materiales y severidad del fuego. Este valor no debe ser demasiado alto, ni bajo sino el apropiado para cada ensayo. A modo de ejemplo; 1 hora de resistencia al fuego se interpreta como la condición de un componente similar al que ha sido sometido a ensayo, no sufrirá colapso, no transmitirá las llamas o altas temperatura y soporta su carga completa, por el tiempo no menos de una hora después de iniciado el incendio.

5134. CONFRONTACION CON EL AVANCE ACTUAL: "Hoy en día los expertos coinciden en señalar que esta curva de temperatura de infinito tiempo, no representa las mismas condiciones en que fue desarrollada. Por que las bases de esta curva de tiempo-temperatura, adoptada en el año 1918 intenta representar la severidad del fuego, parecido a como ocurre en un edificio con muros de albañilería y envigados de madera. Los edificios actuales constructivamente no son iguales que antes. Los estudios muestran que los incendios arden más severos y

más rápido" \*52.

La condición de los elementos estructurales internos, parecen estar expuestos en condiciones similares por la representado en la curva standard. Pero las condiciones de los elementos externos escapan a estas condiciones. El fuego en el perímetro de los edificios, en las ventanas arden mas rápido y enfrían rápido, al ser ventilados por el exterior después de romperse los vidrios. Aunque los fuegos en el edificio puedan arder por un tiempo. Estos no arden a una misma intensidad pareja en un mismo punto.

52. TABLA DE RESISTENCIA AL FUEGO PARA ALGUNOS COMPONENTES CONSTRUCTIVOS.

ELEMENTO	ESPEJOR mm.	TIEMPO EN HORA	
Muros y tabiques de ladrillo, con pilares y vigas de hormigón armado.	60	0,75	
	120	2,50	
	250	5,50	
	380	11,00	
	650	20,00	
Muros y tabiques de piedra, hormigon liviano.	60	0,50	
	120	1,50	
	250	4,00	
	380	7,00	
Pilares de hormigón armado.	200	2,00	
	300	3,50	
	400	5,00	
	500	6,50	
	650	8,50	
Pilares de acero.	0	100 cm <sup>2</sup> .	0,25
	101 a	200 "	0,30
	201 a	300 "	0,40
	301 a	400 "	0,50

ELEMENTO	ESPESOR mm.	TIEMPO EN HORA
Pilares de acero con revestimiento retardante.	25	0,50
	50	2,00
	75	4,00
Cubierta y entrepisos con vigas metálicas.		0,25
Estructura de cubierta con vigas, viguetas y cercha de hormigón con estuco de:	10	0,75
	20	2,00
	30	3,00
	40	4,00
	50	5,00
Plancha de yeso con 15 % de perlita o vermaculita.	13	0,75
	16	1,00
Cubiertas de asbesto cemento sobre estructura metálica.		0,25
Claraboyas de bloques de vidrios sin estructura.		0,25
Cristal armado en marco de hormigón armado de acero.		0,75
Ventana de doble vidrio		0,20
Puerta metálica doble con cámara de aire intermedio.		0,50
Puerta metálica doble con aislante térmico intermedio	80	1,30

\*53.

ELEMENTO	ESPESOR mm.	TIEMPO EN HORA
Puertas de madera con pletina metálica.	30	1,20
	40	1,70
	50	2,00
	60	2,50
	70	3,00
	80	3,50

\*54.

53. TABIQUES RESISTENTES AL FUEGO: La compañía UNITED STATE GYPSUM de U.S.A., presenta algunas soluciones de tabiques resistente al fuego con productos de su fabricación.

531. MATERIALES: Este sistema usa plancha de yeso y SHEETROCK que es también una plancha de yeso con agregados minerales de perlita y vermaculita en un porcentaje de un 15 %. Dándole a ésta una muy buena resistencia al fuego



Fig.52. Materiales constituyente de tabiques resistente al fuego.

532. PERFILES DE ESTRUCTURACION: La rigidez de los tabiques se logra con una serie de perfiles de acero, de características modulares, para facilitar el montaje.

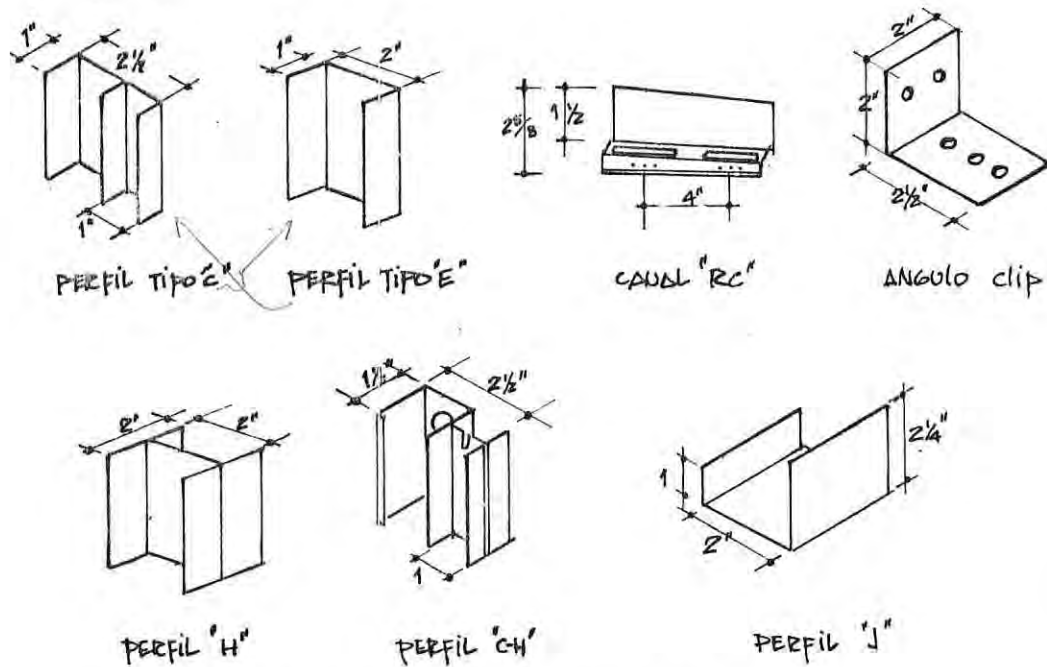
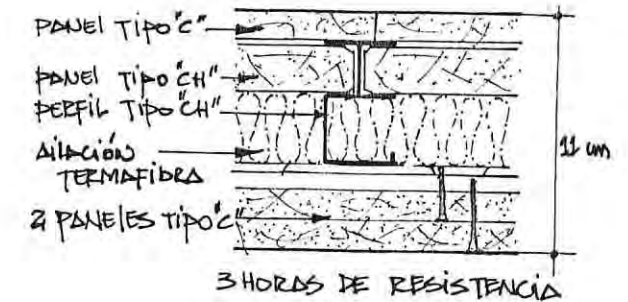
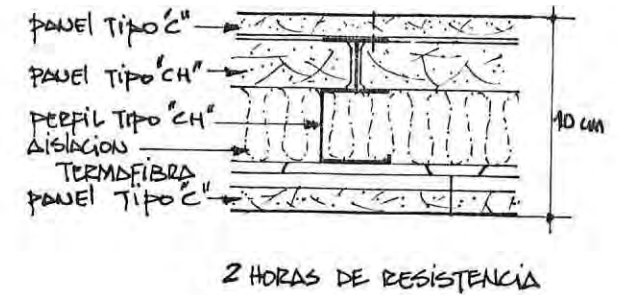
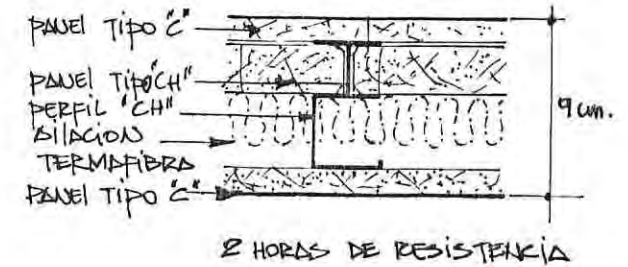


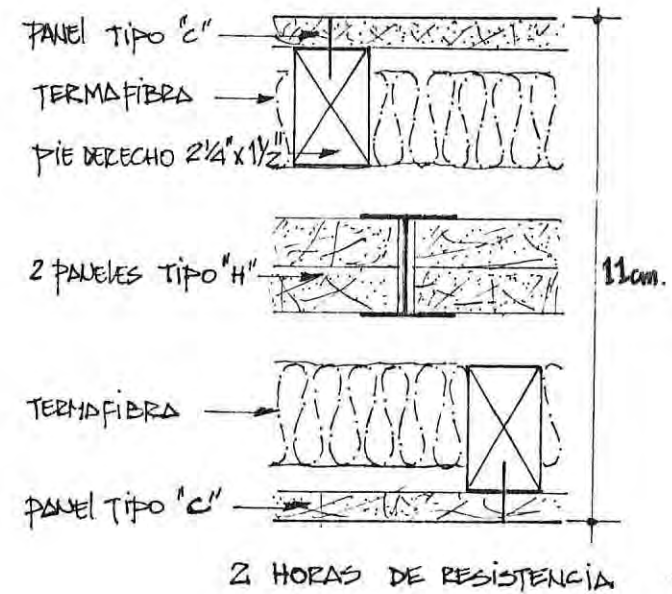
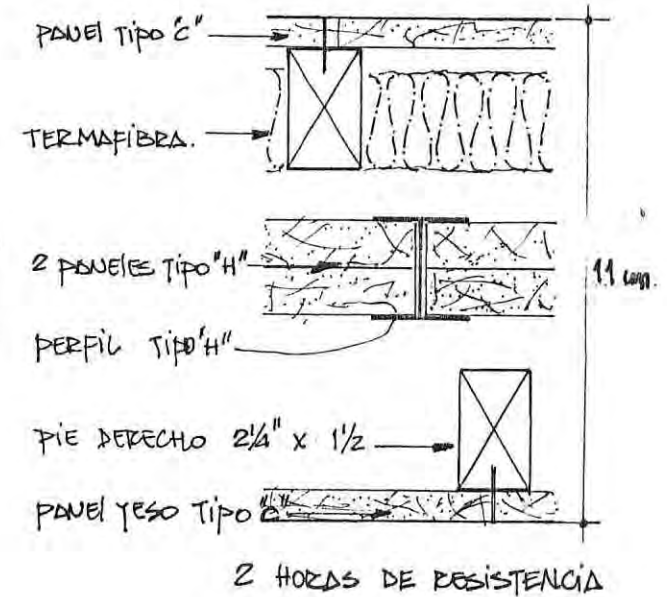
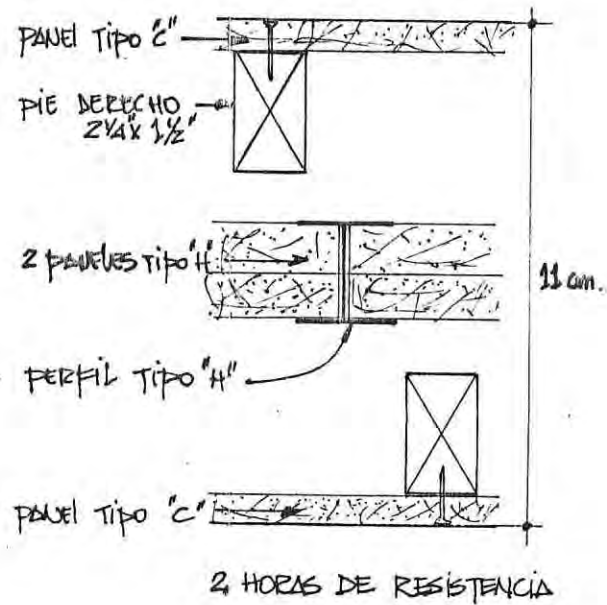
Fig.53. Tipología de perfiles de acero.

533. TABIQUES LLENOS:

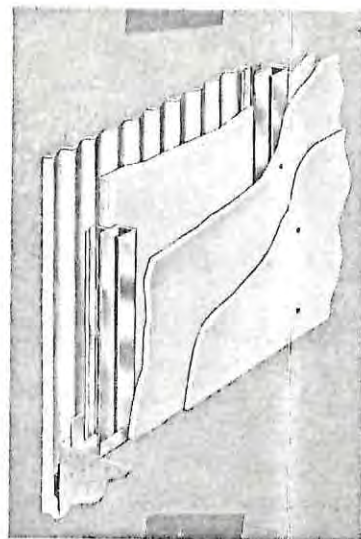
533. DETALLES CONSTRUCTIVOS: Los detalles a continuación son de tabiques de 2 y 3 horas de resistencia al fuego. Según los ensayos y certificados extendido por el laboratorio que ejecuto los ensayos.



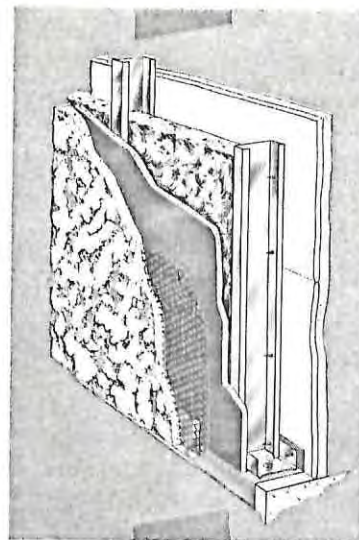
5332. TABIQUES DE CAVIDAD: Con estructuración en perfiles de acero y pie derechos de madera.



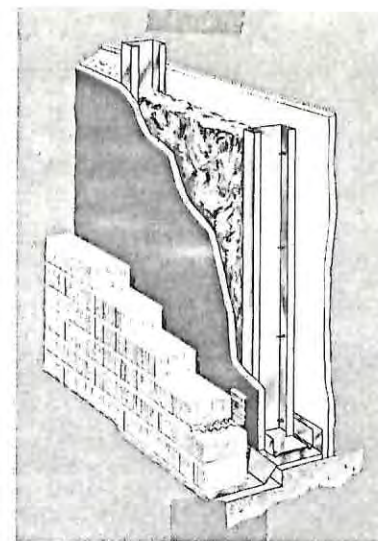
534. ISOMETRICAS: De tabiques con dos horas de resistencia al fuego.



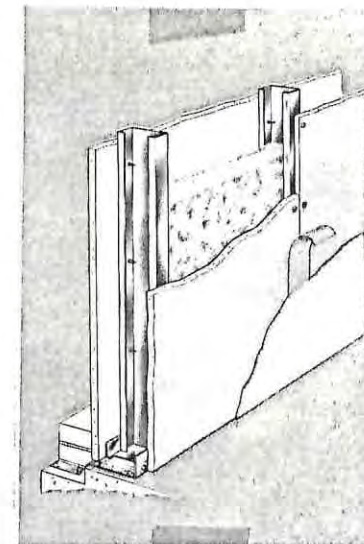
Exterior



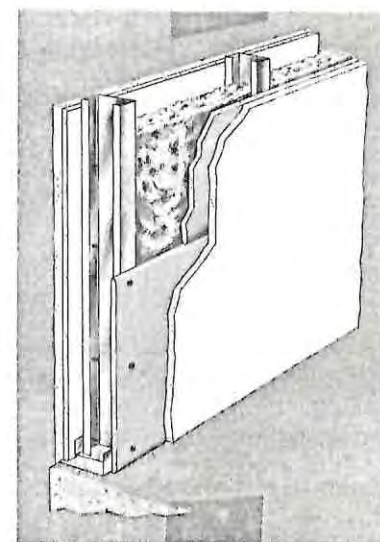
Exterior



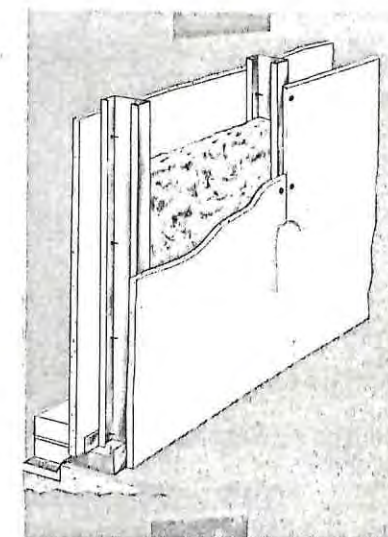
Exterior



Interior



Interior



Interior.

54. TABLA: Con grados de resistencia en horas, para tabiques construídos con productos de la UNITED STATE GYPSUM de U.S.A.

HORAS DE RESISTENCIA.

TIPO DE TABIQUE.

	Guia de Selección.	Detalle Construtivo.	Especificación de construcción, materiales utilizado, procedimiento de montaje y terminaciones.	Comentario y certificado del ensayo.
--	--------------------	----------------------	---	--------------------------------------

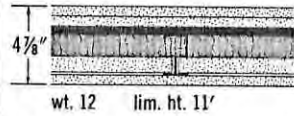
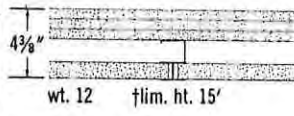
**4-hour rated partitions**

**DRYWALL STEEL-FRAMED ASSEMBLY**

N/A		 <p>6 1/4" wt. 16 †lim. ht. 15'</p>	<p>Cavity Shaft Wall Gypsum Drywall—2 layers 5/8" SHEETROCK FIRECODE "C" gypsum panels face side—1" USG shaft wall liner panels set betw USG stl C-H studs 24" o.c.—1" liner panels &amp; 5/8" gypsum panel core screw att to studs—horiz USG met fur chan 24" o.c.—face side panels screw att to fur chan—panels appl vert with joints stag—joints fin—est (f)</p>	<p>Estimated fire rating based on U of C 5-24-74. Rating also applies with IMPERIAL FIRECODE "C" Base and veneer plaster surface</p>
-----	--	--	---	--

**3-hour rated partitions**

**DRYWALL STEEL-FRAMED ASSEMBLIES**

57		 <p>4 3/8" wt. 12 †lim. ht. 11'</p>	<p>Cavity Area Separation Wall—1/2" SHEETROCK W/R FIRECODE "C" gypsum panels—1" USG gypsum liner panels set betw USG stl C-H studs 24" o.c.—RC-1 chan 24" o.c. screw att to side opp liner panels—1 1/2" THERMAFIBER sound atten blkts—single layer panels one side appl vert &amp; screw att—2 layers opp side screw att to chan—base layer appl horiz—face layer appl vert—joints fin—perim caulked—est (f)—BBN-730622 (s)</p>	<p>Estimated fire rating based on U of C 2-16-72</p>
N/A		 <p>4 3/8" wt. 12 †lim. ht. 15'</p>	<p>Cavity Shaft Wall Gypsum Drywall—3 layers 5/8" SHEETROCK FIRECODE "C" gypsum panels one side—1" USG shaft wall liner panels set betw USG stl C-H studs 24" o.c.—panels screw att to side opp liner panels with joints stag—base &amp; face layers appl vert—mid layer appl horiz—joints fin—est (f)</p>	<p>Estimated fire rating based on U of C 2-16-72. Rating also applies with IMPERIAL FIRECODE "C" Base and veneer plaster surface</p>

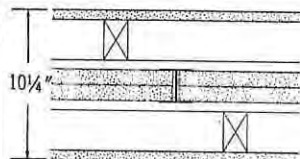
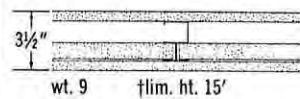
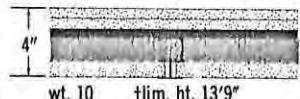
**2-hour rated partitions**

**DRYWALL STEEL-FRAMED ASSEMBLIES**

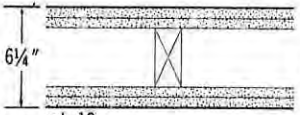
50		 <p>4" wt. 10 †lim. ht. 11'</p>	<p>Cavity Area Separation Wall—1/2" SHEETROCK W/R FIRECODE "C" gypsum panels—1" USG gypsum liner panels set betw USG stl C-H studs 24" o.c.—RC-1 chan 24" o.c. screw att to side opp liner panels—1 1/2" THERMAFIBER sound atten blkts—single layer panels ea side appl vert &amp; screw att—joints stag on opp sides &amp; fin—perim caulked—est (f)—BBN-750411(s)</p>	<p>Estimated fire rating based on U of C 6-23-75</p>
----	--	--	---	--

## 2-hour rated partitions

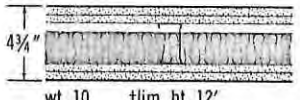
### DRYWALL STEEL-FRAMED ASSEMBLIES (continued)

	45(1) 54(1) 57(3)		Solid Area Separation Wall— $\frac{5}{8}$ " SHEETROCK FIRECODE "C" gypsum panels—two 1" gypsum liner panels set betw USG stl H-studs 24" o.c.—2x3 16" o.c. ea side on 2x3 plates 1" from liner panels—gypsum panels att with $\frac{1}{4}$ " Type W screws 12" o.c.—joints stag & fin—perim caulked—est (f)—(1) BBN-730104 (s)—(2) BBN-730103 (s)—(3) BBN-730102 (s)	Est. fire rating based on T-4481-OSU. BBN-730103 based on 2" THERMAFIBER Insul. blankets in one cavity. BBN-730102 based on 2" insul. blankets in both cavities
N/A			Cavity Shaft Wall Gypsum Drywall— $\frac{1}{2}$ " SHEETROCK FIRECODE "C" gypsum panels—1" USG shaft wall liner panels set betw USG stl C-H studs 24" o.c.—single layer panels ea side appl vert & screw att—joints stag on opp sides & fin—U of C 6-23-75 (f)	Construction fire-tested both sides. Fire rating also applies with IMPERIAL FIRECODE "C" Base and veneer plaster surface
	51		Cavity Shaft Wall Gypsum Drywall—2 layers $\frac{1}{2}$ " SHEETROCK FIRECODE "C" gypsum panels one side—1" USG shaft wall liner panels set betw USG stl C-H studs 24" o.c.—RC-1 chan spaced 24" o.c.— $\frac{1}{2}$ " THERMAFIBER sound atten blkts—panels & RC-1 chan screw att to side opp liner panels—base layer appl horiz—face layer appl vert—joints fin—est (f)—BBN-750412 (s)	Estimated fire rating based on U of C 2-8-72. Rating also applies with IMPERIAL FIRECODE "C" Base and veneer plaster surface

### PLASTERED WOOD-FRAMED ASSEMBLY




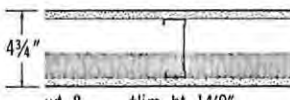
N/A			Wd Stud—2 layers $\frac{5}{8}$ " IMPERIAL FIRECODE "C" gypsum base & $\frac{1}{8}$ " veneer plaster both sides—2x4 16" o.c.—base layer 6d nails 6" o.c.—face layer lamin or nailed to base—joints taped—UL Des U301 (f)	Basic 2-hour partition construction
-----	--	---	---	-------------------------------------

### PLASTERED STEEL-FRAMED ASSEMBLIES

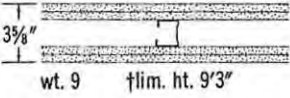
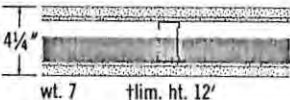

	53		Stl Stud—2 layers $\frac{1}{2}$ " IMPERIAL FIRECODE gypsum base & veneer plaster— $2\frac{1}{2}$ " USG studs 24" o.c.—both layers base appl vert, joints stag & screw att— $\frac{1}{16}$ " IMPERIAL plaster—perimeter caulked—UL Des U303 (f)—CK 654-66 (s)	CK-654-66 based on assembly with 1" THERMAFIBER sound atten. blankets
	51(1) 47(2)	wt. 12 (T) thickn $5\frac{1}{4}$ " , $6\frac{3}{8}$ " flim. ht. 12' ( $2\frac{1}{2}$ " ), 15'6" ( $3\frac{3}{8}$ " )	Stl Stud—2 layers $\frac{5}{8}$ " IMPERIAL FIRECODE gypsum base & veneer plaster— $2\frac{1}{2}$ " or $3\frac{3}{8}$ " USG studs 24" o.c.—base layer screw att—face layer lamin or screw att—joints taped— $\frac{1}{16}$ " IMPERIAL plaster—UL Des U411 (f)—(1) TL-75-73 (s)—(2) TL-75-70 (s)	Sound tests based on $2\frac{1}{2}$ " studs. TL-75-70 based on same constr. with $1\frac{1}{2}$ " THERMAFIBER blankets
48	49	wt. 10 (T) thickn $4\frac{3}{4}$ " , $5\frac{1}{8}$ " flim. ht. 12' ( $2\frac{1}{2}$ " ) 15'6" ( $3\frac{3}{8}$ " )	Stl Stud—2 layers $\frac{1}{2}$ " IMPERIAL FIRECODE "C" gypsum base & veneer plaster— $2\frac{1}{2}$ " or $3\frac{3}{8}$ " USG studs 24" o.c.—2" THERMAFIBER sound atten blkts stapled one side—base appl vert & joints stag—base layer screw att—face layer strip lamin or screw att—joints taped— $\frac{1}{16}$ " IMPERIAL plaster—perimeter caulked—UL Des U412 (f)—Field Test KSO-1090072-a (s)	Fire rating based on assembly with or without sound atten. blkts. Field test includes 2 caulked outlets each side


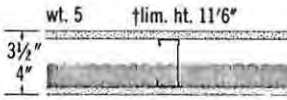
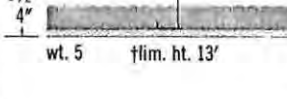
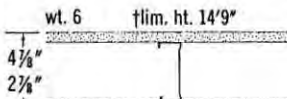
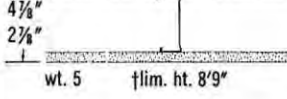
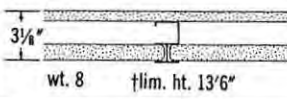
# 1-hour rated partitions

## PLASTERED STEEL-FRAMED ASSEMBLIES

49(1) 47(3)	52(2) 46(3)	 <p>5 1/2" wt. 14 lim. ht. 10'</p>	<p>Stl Stud—Resil Gypsum Lath &amp; Plaster—3/4" TRUSSTEEL Studs 16" o.c.—1 1/2" THERMAFIBER sound atten blkts—TR-1 clips one side &amp; TL-1 clips opp side—3/8" ROCKLATH—1/2" 100:2-100:2 gypsum sand plaster—perimeter caulked—est (f)—(1) USG-125-FT-G&amp;H (s)—(2) CK-664-38 (s)—(3) Field Test KSO-1090072-b (s)</p>	2 caulked outlets on each side in field test
	48(1) 36(2)	 <p>4 3/4" wt. 7 lim. ht. 9'6"</p>	<p>Stl Stud—Resil 1/2" IMPERIAL FIRECODE "C" gypsum base &amp; veneer plaster—2 1/2" TRUSSTEEL studs 24" o.c.—RC-1 chan both sides spaced 16" o.c. att with 3/4" Type T pan head screws—base att with 1" Type S screws—1/16" IMPERIAL plaster—joints taped—T-4831-OSU (f)—(1) TL-69-278 (s)—(2) TL-69-288 (s)</p>	TL-69-278 based on assembly with 1 1/2" THERMAFIBER sound attenuation blankets
46		 <p>4 3/4" wt. 12 lim. ht. 10'</p>	<p>Stl Stud—Resil Gypsum Lath &amp; Plaster—2 1/2" TRUSSTEEL studs 16" o.c.—TR-1 clips one side &amp; TL-1 clips opp side—3/8" ROCKLATH—1/2" 100:2 gypsum sand plaster—perimeter caulked—est (f)—TL-69-14 (s)</p>	
45		 <p>4 3/4" wt. 8 lim. ht. 14'9"</p>	<p>Stl Stud—1 layer 1/2" IMPERIAL FIRECODE "C" gypsum base &amp; veneer plaster—3 3/8" USG studs—base screw att—1 1/2" THERMAFIBER sound atten blkts stapled one side—joints stag &amp; taped—1/16" IMPERIAL plaster—perimeter caulked—T-3124-OSU (f)—CK-664-1 (s)</p>	Fire test based on assembly with 2 1/2" studs, without blkts. Stud spacing at 16" o.c. recommended

## DRYWALL STEEL-FRAMED ASSEMBLIES

53		 <p>3 3/8" wt. 9 lim. ht. 9'3"</p>	<p>Stl Stud—2 layers 1/2" SHEETROCK gypsum panels ea side—1 1/8" USG studs 24" o.c.—panels appl vert &amp; screw att—joints stag &amp; fin—perimeter caulked—U of C 9-21-64 (f)—CK-654-40 (s)</p>	Sound test based on 2 1/2" studs & 1 1/2" sound atten. blankets in cavity
55(1) 53(2)		 <p>4 1/4" wt. 7 lim. ht. 12'</p>	<p>Stl Stud—3/8" SHEETROCK FIRECODE gypsum panels—2 1/2" USG studs 24" o.c.—1 1/2" THERMAFIBER sound atten blkts—2 layer—base layer 1/4" SHEETROCK panels screw att—3/8" face layer screw att—joints fin—perimeter caulked—est (f)—(1) CK-684-14 (s)—(2) CK-684-13 (s)</p>	Est. fire rating based on T-1174-OSU CK-684-13 based on 1/2" thick panels
50		 <p>5 1/2" wt. 8 lim. ht. 14'9"</p>	<p>Stl Stud—3/8" SHEETROCK FIRECODE "C" gypsum panels—3 3/8" USG studs 24" o.c.—single layer panels one side appl vert &amp; screw att—2" THERMAFIBER sound atten blkts one side—2 layers opp side—panels appl vert &amp; screw att—joints stag &amp; fin—perim caulked—est (f)—USG-241-ST-G&amp;H (s)</p>	Est. fire rating based on T-3362-OSU

	50(1) 49(2) 41(3) 51(4)		Stl Stud— $\frac{1}{2}$ " SHEETROCK FIRECODE "C" gypsum panels— $2\frac{1}{2}$ " USG studs 24" o.c.—single layer panels one side appl vert & screw att— $1\frac{1}{2}$ " THERMAFIBER sound atten blkts one side—2 layers opp side—panels appl vert & screw att—joints stag & fin—perimeter caulked—est (f)—(1) BBN-760401 (s)—(2) TL-69-153 (s)—(3) TL-69-148 (s)—(4) BBN-700726 (s)	Est. fire rating based on T-3362-OSU, BBN-760401 based on 2" blkts, TL-69-148 based on same construction without blkts, BBN-700726 based on $2\frac{1}{2}$ " thick foil-faced blkts.
	47(1) 45(2)		Stl Stud— $\frac{1}{2}$ " SHEETROCK FIRECODE "C" gypsum panels— $2\frac{1}{2}$ " USG studs 24" o.c.—single layer panels ea side appl vert & screw att— $1\frac{1}{2}$ " THERMAFIBER sound atten blkts one side—joints fin—perimeter caulked—T-3362-OSU (f)—(1) TL-65-158 (s)—(2) TL-69-42 (s)	TL-65-158 based on $3\frac{1}{2}$ " studs & 1" blankets
	45(1) 39(2)		Stl Stud— $\frac{1}{2}$ " SHEETROCK FIRECODE "C" gypsum panels—3" USG studs 24" o.c.—single layer panels vert appl & screw att— $1\frac{1}{2}$ " THERMAFIBER sound atten blkts—joints fin—perimeter caulked—est (f)—(1) BBN-710310 (s)—(2) BBN-710305 (s)	Est. fire rating based on T-3362-OSU, BBN-710305 based on same construction without blankets
42(1)	52(2)		Stl Stud— $\frac{3}{8}$ " SHEETROCK FIRECODE gypsum panels— $3\frac{3}{4}$ " USG studs 24" o.c.—single layer panels vert or horiz appl & screw att 12" o.c.—joints fin—perimeter caulked—T-1174-OSU (f)—GA-WP-45-1 hr (f)—(1) USG-17-FT-G&H (s)—(2) BBN-760704 (s)	Basic 1-hr. corridor—fire tests based on screws 8" o.c. at vert. joints—WP-45 based on horiz. application—BBN-760704 based on 3" sound atten. blankets in cavity
38			Stl Stud— $\frac{3}{8}$ " SHEETROCK FIRECODE gypsum panels— $1\frac{1}{4}$ " USG studs 24" o.c.—single layer panels vert appl & screw att 12" o.c.—joints fin—perimeter caulked—U of C 7-31-62 (f) TL-64-29 (s)	Min. 1-hr. drywall partn.—fire test based on screws 8" o.c. at vertical joints
N/A			Cavity Shaft Wall Gypsum Drywall— $\frac{5}{8}$ " SHEETROCK FIRECODE "C" gypsum panels one side—1" USG shaft wall liner panels set betw USG stl C-H studs 24" o.c.—panels appl to side opp liner panels & screw att—joints fin—U of C 3-6-75 (f)—U of C 3-7-75 (f)	Fire rating also applies with IMPERIAL FIRECODE "C" Base and veneer plaster surface

#### DRYWALL DEMOUNTABLE ASSEMBLIES

49			Mov Demountable Partn— $\frac{1}{2}$ " vinyl faced TEXTONE FIRECODE "C" gypsum panels & battens screw att— $2\frac{1}{2}$ " USG stl studs 24" o.c.—2" THERMAFIBER sound atten blkts—UL Des U406 (f)—TL-63-127 (s)	Low cost—only steel stud movable partn. with high sound & fire rating
N/A			Mov Demountable Partn— $\frac{1}{2}$ " SHEETROCK FIRECODE "C" gypsum panels & battens 48" o.c.—panels screw att at joints & adhesively att to alt studs— $2\frac{1}{2}$ " USG stl studs 24" o.c.—2" THERMAFIBER sound atten blkts—U of C 7-27-70 (f)	

CAPITULO 6. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES USADOS EN LA ESTRUCTURA EN EDIFICIOS DE ALTURA.

61. PROPIEDADES TERMICAS: Son las propiedades específicas de cada material relativas a los efectos o cambios de temperatura por el calor exterior incidente. Estas propiedades determinan la temperatura alcanzar en la estructura en un incendio.

Al subir la temperatura produce cambios en la resistencia y deformación. Una temperatura suficientemente alta hace perder resistencia y habilidad de recuperarse a las deformaciones; cualquier cambio a las propiedades de resistencia y deformación por el calor repercuten en la resistencia general al fuego de la estructura.

Las temperaturas posibles de alcanzar en la estructura, en cada caso de incendio, dependen de las propiedades térmicas del material utilizado: acero, hormigón o pretensado.

Durante el incendio el calor es transferido a la estructura por convección y radiación. Parte de este es radiado y parte absorbido, al mismo tiempo conducido al interior del material, subiendo la temperatura interior.

La temperatura es variable en función del tiempo de exposición y ubicación con respecto al fuego.

Para calcular la temperatura en un material es necesario conocer dos características:

Conductibilidad ( K ).

Capacidad térmica (  $\rho$  ,  $C_p$  ).

Donde  $\rho$  es densidad del material y

$C_p$  el calor específico a presión constante.

Conductibilidad y capacidad térmica en combinación es llamada difusión térmica ( a ).

$$a = K / \rho \cdot C_p$$

Estas propiedades, además de la absorción, determinan la temperatura alcanzar los materiales utilizados en la estructura.

611. CONDUCTIBILIDAD TERMICA: Es la habilidad de un material de conducir calor por contacto íntimo molécula a molécula.

En una losa de cierto material, de espesor ( e ), a través de la cual el calor es transferido desde un lado a otro, de una temperatura  $T_1 - T_0$ .

El calor transferido en un tiempo ( t ), a través del área sera:

$$Q = \frac{t K ( T_1 - T_2 )}{e} \quad \frac{\text{Kcal} \cdot \text{mm}}{\text{m}^2 \cdot \text{C}^\circ \cdot \text{h}}$$

Donde:

Q = Calor en Kilocalorías.

K = Constante de conductabilidad del material.

La propagación del calor es por conducción, radiación y convección. Este último es de menor relevancia en los traspaso del calor en el material.

Los traspaso de calor por radiación toman lugar en los poros del material, de las fibras calientes a las heladas. Es la conducción el principal mecanismo de traspaso del calor en el material.

#### 6111. ALGUNOS VALORES DE CONDUCTIBILIDAD TERMICA:

Los materiales de construcción se componen más o menos, de una estructura cristalina ordenada a temperaturas normales y presentan altos valores de conductibilidad.

Optando por un criterio, se puede decir que los materiales con conductibilidad:

300 - 10 Kcal/Mt C h. CONDUCTORES.

0,02 - 1 Kcal/Mt C h. AISLANTES \*61.

En el hormigón la conductibilidad térmica queda determinada por la conductibilidad de los agregados que componen el hormigón.

Las rocas con conductibilidad sobre 1,8 Kcal/Mt C h., a temperaturas ambiente se puede esperar que tengan estructura cristalina predominante, bajo este valor constituida por una estructura amorfa.

El acero tiene una estructura molecular cristalina y en sí se presenta constituido por innumerables cristales con cierta compactibilidad y ordenamiento; lo que hace de él un buen conductor, con valores de conductibilidad 50 veces mayor que el hormigón.

Tabla con valores de conductibilidad.

MATERIAL	DENSIDAD Kg/Mt <sup>3</sup>	CONDUCTIBILIDAD Kcal/Mt C h.
Asbesto disparado	200	0,07.
Concreto celular	300	0,1.
Ladrillo cerámico	2.000	1,0.
Hormigón con agregado amorfo.	2.400	1,10.
Hormigón con agregado cristalino	2.400	1,50.
Granito, marmol	3.000	2,0.
Acero	7.850	49.00. *62.

Los conductores térmicos presentan las siguientes características o desventajas en su comportamiento al fuego:

- Baja resistencia al fuego.
- Favorecen la transmisión de las altas temperaturas.
- Sirven de puentes térmicos.
- Baja resistencia mecánica frente al fuego.

612. CAPACIDAD TERMICA: Capacidad térmica de un material es el calor requerido para subir la temperatura en un grado centigrado. Se puede expresar como el producto  $\rho \cdot C_p$ .

Donde:  $\rho$  <sup>ro.</sup>

$\rho$  = Es la densidad del material.  
 $C_p$  = El calor específico que es requerido para subir la temperatura de un material por unidad de masa en un grado.

En el caso del hormigón (Fig.61) que contiene agua libre en su masa y solo es liberada a temperatura de hervido del agua, presenta variabilidad del calor específico. Ya que la

pérdida del agua de su estructura cristalina lo hace a temperaturas superiores. En consecuencia en un comienzo hay un ascenso del calor específico hasta la pérdida de su agua libre.

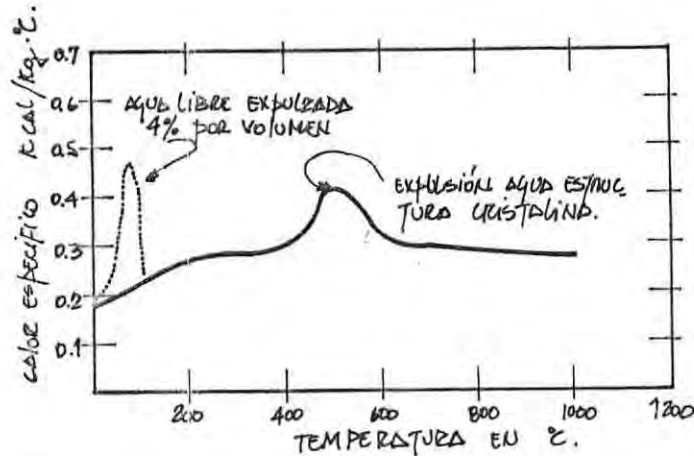


Fig.61. Influencia del agua removida en el calor específico, en un hormigón de 2.300 Kg/Mt<sup>3</sup>. En función de la temperatura.

Después de esta pérdida, el calor específico ascenderá hasta comenzar la pérdida del agua de su estructura cristalina

En materiales que son químicamente estables, el calor específico sube en la medida que incrementa la temperatura, en materiales tales como: ladrillos arcillosos, lana mineral y ladrillos silícicos.

613. DIFUSION TERMICA: Es la proporción entre la conductibilidad térmica y la capacidad térmica de un material.

$$a = K / \rho \cdot C_p$$

Donde:

K = Conductibilidad térmica.

$\rho$  = Densidad.

$C_p$  = Calor específico.

Alta difusión significa que tiene alta conductibilidad o baja capacidad térmica o ambas. Alta conductibilidad en un elemento o material es la rapidez de traspasar calor desde la superficie al interior del material. Una baja capacidad calórica dará un rápido traspaso del calor al interior.

La difusión térmica de un material es la proporción de calor transportado desde la superficie expuesta de un material al interior. Por tanto una alta difusión térmica significará una rápida subida de la temperatura a una cierta profundidad.

62. PROPIEDADES DE DEFORMACION Y RESISTENCIA DEL ACERO A DIFERENTES TEMPERATURAS: La subida de temperatura causa cambios en las propiedades de resistencia y deformación. Como consecuencia una estructura sometida al calor puede perder su capacidad de carga estática. Las propiedades de resistencia y deformación de los materiales son dependientes de la temperatura.

Para un acero, el límite de ruptura aumenta con la temperatura hasta los 250 C., después de esta decae rápidamente. El límite de proporcionalidad y módulo de elasticidad, también, decae ostensiblemente con el aumento de la temperatura.

El gráfico 62. muestra el efecto a diferentes temperaturas, la prueba de tensiones y deformaciones para un acero ASTM A-36.

Las conclusiones del análisis de este gráfico son elocuentes en las probetas de 20 y 200 C. de temperaturas. Las tensiones aplicadas son normales o levemente superiores, que las de

un acero a temperatura ambiente. Pero, a los 400 y 600 C. descienden en un gran rango.

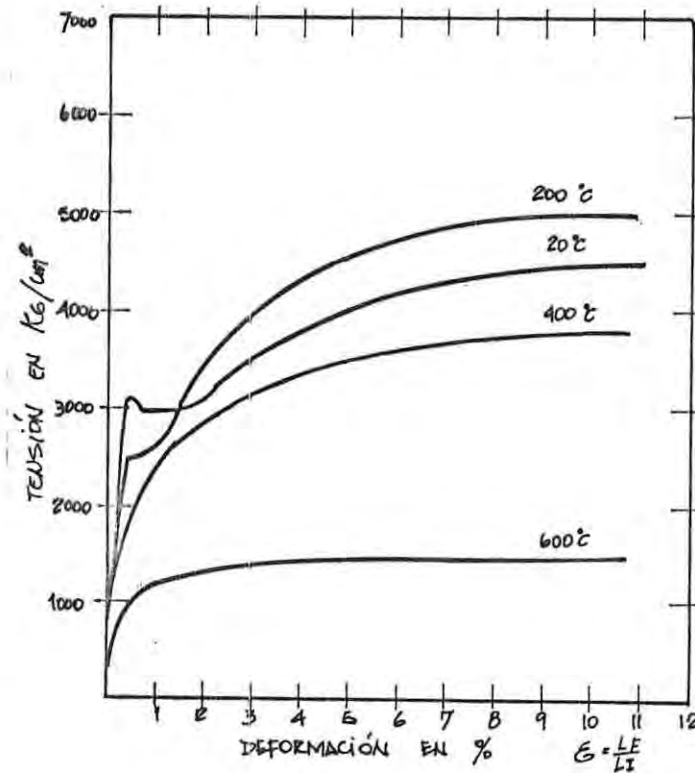


Fig.62. Gráfico de tensiones y deformación para un acero ASTM A-36. A diferentes temperaturas.

Además de las variaciones de resistencia y deformación en el acero, la temperatura afecta a las características de dilatación o acortamiento. A bajas temperaturas suceden acortamientos y elongaciones a altas temperaturas. Este efecto en el acero es importante para piezas postensadas o pretensadas.

621. CREEP O ESCURRIMIENTO: Es una deformación dependiente del tiempo y la temperatura. Cuando una carga es aplicada a un material, en el hay deformación instantánea, pero si esta carga es mantenida esta deformación se incrementa con el tiempo y la temperatura. Para aceros normales un cambio de temperatura de los 450 a 500 C., el grado de creep o escurrimiento sube en 300 veces. En vigas la deformación por creep no tiene importancia, sino hasta una temperatura sobre los 500 C., aunque a esa temperatura la deformación más sustancial es la flecha por flexión.

63. TEMPERATURAS CRITICAS EN EL ACERO: La temperatura crítica de un elemento estructural cargado, se define como la temperatura a la cual ha perdido tanta capacidad de resistencia que no puede soportar más carga. Para obtener esta temperatura crítica, se introduce un factor de seguridad para aplicarlo en el cálculo. Por tanto esta temperatura crítica depende de este factor de seguridad adoptado y de la carga en servicio a que este sometido el elemento.

631. TEMPERATURA CRITICA EN VIGAS DE ACERO: El resultado de ensayos en vigas de acero muestran que, altas cargas reducen la resistencia al fuego y dan origen a la formación de fisuras en la base de la viga. Al igual que el tipo de apoyo, ya que vigas estaticamente indeterminadas tienen mayor temperatura crítica, que las estaticamente determinadas.

Temperatura crítica en C. en vigas estáticamente determinadas e indeterminadas, para diferentes aceros.

Factor de seguridad 1,7.

Datos obtenidos de diferentes fuentes. \*63.

Condiciones de apoyo	TIPO DE ACERO					
	ST 37	ST 37	C.S.A G 40. 12	ASTM A-36	ASTM A-36 limt. sup.	ASTM A-36 limt. inf.
Estáticamente determinada	340	475	580	490	600	479
Estáticamente indeterminada	475	550	660	590	660	580

TEMPERATURAS EN C.

Otros factores que afectan la temperatura crítica en vigas.

- Fisuras en la base de las vigas cuando estas flexionan.
- El creep o escurrimiento tiene importancia cuando la temperatura sube lentamente.

631. PROTECCION DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO: De lo expuesto anteriormente, la temperatura crítica para vigas de acero resultan fácilmente alcanzables en mínimo minutos en un incendio. lo que obliga en este tipo de estructuras la necesidad de protegerlas o recubrirlas con materiales que eviten el contacto o traspaso del calor. Estos materiales que recubren piezas estructurales deben tener, cero propagación de llamas, cero contribución de combustible y cero densidad de humo, además, baja conductibilidad.

Entre ellos podemos citar: el hormigón, algunos tipos de ladrillos refractarios y silícicos, asbesto cemento, termafibra, perlita ( que es una roca volcánica silícica ) y vermaculita ( un mineral en forma de mica ), que, mezclado con yeso o fibras, forma paneles que tienen muy buena resistencia al fuego y buen absorbente acústico, en U.S.A. se le denomina: SHEETROCK FIRECODE.

También el asbesto cemento, mineral, en fibra se aplica con pistolas como spray, directamente sobre las superficie que se desea proteger, aplicando primero un adhesivo y obteniendo una mejor y limpia solución.

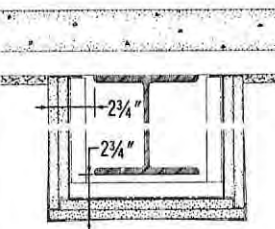
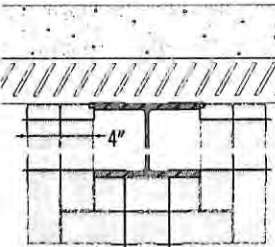
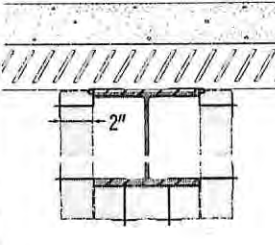
6321. PROTECCION DE VIGAS DE ACERO: Diseños con 3 a 2 horas de resistencia. Materiales utilizados termafibra, plancha de yeso con agregados de perlita y vermaculita ( Sheetrock ). Del catálogo de la UNITED STATE GYPSUM, U.S.A.

TIPO O ELEMENTO CONSTRUCTIVO

Requisitos	Clasificación	Detalle constructivo	Especificación de construcción, materiales utilizados, procedimiento de montaje y terminaciones.	Comentario y certificado del ensayo.
------------	---------------	----------------------	--	--------------------------------------

beam fireproofing

3 hrs. (beam only)	W8 X24		<p>Gypsum Drywall or Veneer Plaster Caged Beam Fireprfg—158CR5 USG stl run chan brackets 24" o.c.—<math>\frac{3}{4}</math>" x <math>1\frac{1}{8}</math>" corner angles att to brackets—3 layers <math>\frac{5}{8}</math>" SHEETROCK FIRECODE gypsum panels or IMPERIAL FIRECODE gypsum base att with Type S screws—1" 20-ga. hex mesh on bottom over middle layer—met beads on corners—joints fin or <math>\frac{1}{16}</math>" IMPERIAL plaster over base—<math>2\frac{1}{2}</math>" conc deck on fluted stl flr—UL Des N505 (f)</p>	<p>Extends drywall and veneer plaster use to beam protection. Fire rating for restrained assembly; 2-hr. rating for unrestrained assembly</p>
3 hrs.	W8 X24		<p>THERMAFIBER Mineral Fireprfg—dbl layer 2" fireprfg around beam att with flange clips &amp; clinch shields 12" o.c.—<math>2\frac{1}{2}</math>" conc deck on cellular stl flr—UL Des N304 (f)</p>	<p>Fire rating for restrained beam; unrestrained beam rating is 2 hrs.</p>

2 hrs. (beam only)	W8 X24		<p>Gypsum Drywall Caged Beam Fireprfg—158CR5 USG stl run chan brackets 24" o.c.—1 5/8" x 5/8" corner angles att to chan brackets—dbl layer 5/4" SHEETROCK FIRECODE gypsum panels att with Type S screws—met beads on corners—joints fin—2 1/2" conc deck on fluted stl flr—UL Des N501 (f)—UL Des N502 (f)</p>	Design N502 based on 1 1/2" steel runner for corner angles & coped brackets
2 hrs.	W8 X13		<p>THERMAFIBER Mineral Fireprfg—dbl layer 2" fireprfg around beam att with flange clips &amp; clinch shields 16" o.c.—3 1/4" conc on fluted steel flr—UL Des D915 (f)</p>	Fire rating is 1 1/2 hrs. with cellular steel floor units
2 hrs.	W8 X24		<p>THERMAFIBER Mineral Fireprfg—2" fireprfg around beam att with flange clips &amp; clinch shields 12" o.c.—2 1/2" conc on fluted stl flr—UL Des N304 (f)—UL Des N305 (f)</p>	Fire rating is 1 1/2 hrs. with cellular steel floor units

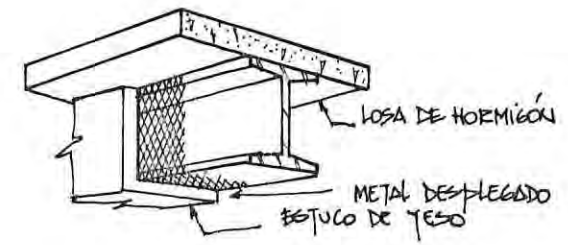


Fig.63. Protección con estuco de yeso.

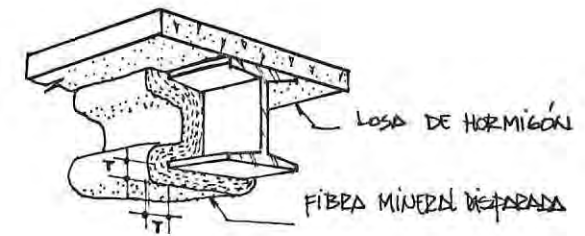


Fig.64. Protección con fibra disparada.

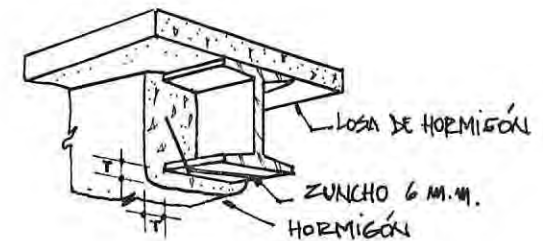


Fig. 65. Protección con hormigón.

633. PROTECCION PARA CIELOS DE ACERO: Constructivamente están formados por una placa metálica ondulada o celular con una malla de acero. Esta placa metálica sirve de moldaje al hormigón. Es necesario proteger la placa metálica a la acción del fuego.

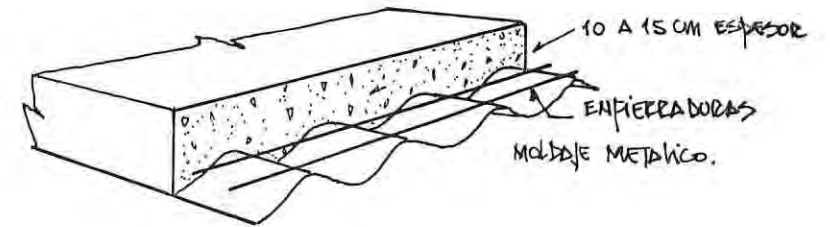


Fig.66. Techo y piso sin protección.

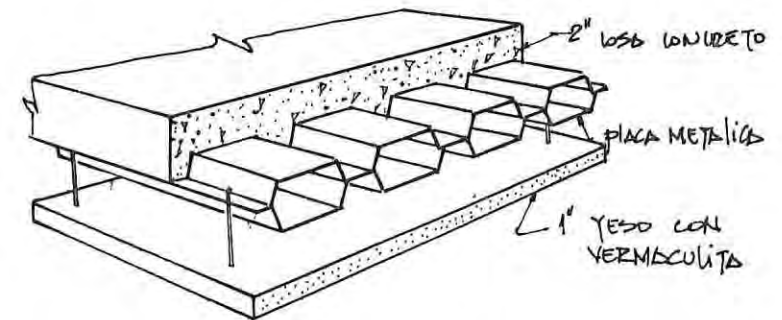


Fig.67. Techo y piso con protección de un cielo falso.

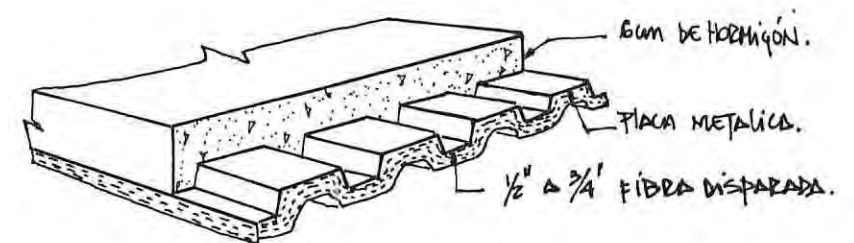


Fig.68. Techo y piso con protección de fibra disparada con pistola.

Del catálogo de la UNITED STATE GYPSUM, U.S.A. Diseños para la protección de cielos con resistencias de 4 a 1 hora. Se usan los mismos materiales mencionados anteriormente.

RESISTENCIA EN HORAS.

Clasificación	Detalle constructivo	Especificación materiales, procedimiento de montaje y certificado del ensayo.	Comentario.
---------------	----------------------	---	-------------

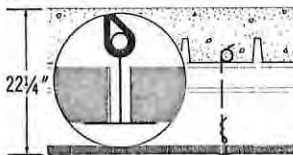
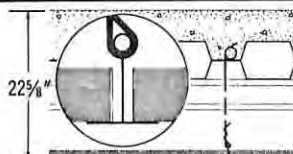
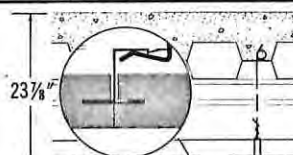
**4-hour rated ceilings**

**MINERAL FIBER SURFACES**

45 to 49	 <p>clg wt. 1.2</p>	<p>AURATONE FIRECODE 5/8" x 24" x 48" acoust clg panels in Susp Exp Grid Syst—clg interrupted—light fixt prot by 1/4" THERMAFIBER min wool bd—2 1/2" conc on cellular stl fir—UL Des D206 (f)</p>	<p>Includes 4-hr. unrestrained beam. See Sound Control Ceilings Folder for STC values of various patterns</p>
----------	--	---	---

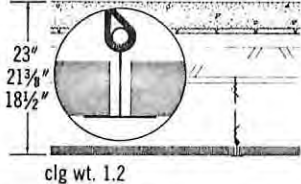
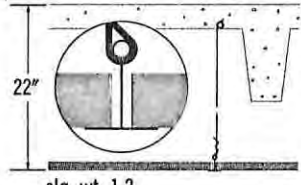
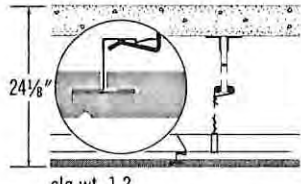
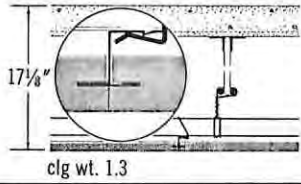
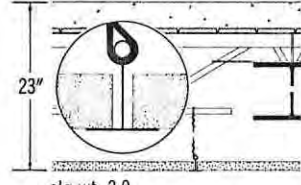
**3-hour rated ceilings**

**MINERAL FIBER SURFACES**

45 to 49	 <p>clg wt. 1.2</p>	<p>AURATONE FIRECODE 5/8" x 24" x 24" or 24" x 48" acoust clg panels in Susp Exp Grid Syst—clg interrupted—light fixt prot by 1/4" THERMAFIBER min wool bd—2 3/4" conc on cellular stl fir over stl beam—UL Des D207 (f)</p>	<p>Includes 3-hr. unrestrained beam. See Sound Control Ceilings Folder for STC values of various patterns</p>
45 to 49	 <p>clg wt. 1.2</p>	<p>AURATONE FIRECODE 5/8" x 24" x 48" acoust clg panels in Susp Exp Grid Syst—clg interrupted—light fixt prot by 1/4" THERMAFIBER min wool bd—2 1/2" conc on cellular stl fir—UL Des A207 (f)</p>	<p>Includes 4-hr. unrestrained beam. See Sound Control Ceilings Folder for STC values of various patterns</p>
45 to 49	 <p>clg wt. 1.2</p>	<p>AURATONE FIRECODE 3/4" x 12" x 12" acoust clg tile on Concealed Z-Spline Syst—clg interrupted—light fixt prot by 1/4" THERMAFIBER min wool bd—2 1/2" conc on cellular stl fir—UL Des A009 (f)</p>	<p>Includes 4-hr. unrestrained beam. See Sound Control Ceilings Folder for STC values of various patterns</p>

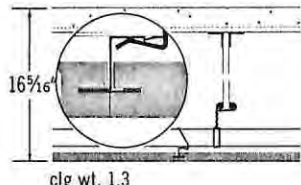
## 2-hour rated ceilings

### MINERAL FIBER SURFACES

45 to 49	 <p>clg wt. 1.2</p>	<p>AURATONE FIRECODE 5/8" x 24" x 48" or 24" x 24" acoust clg panels in Susp Exp Grid Syst—clg interrupted—light fixt prot by 1/4" THERMAFIBER min wool bd—2 1/2" conc deck on riblath over bar joist—UL Des G211 (f)—UL Des G227 (f)—UL Des G251 (f)</p>	<p>UL Des G227 is Shadow Line System and includes 4-hr. unrestrained beam. UL Des G251 includes only 5/8" x 24" x 48" panels</p>
45 to 49	 <p>clg wt. 1.2</p>	<p>AURATONE FIRECODE 5/8" x 24" x 48" or 24" x 24" acoust clg panels in Susp Exp Grid Syst—clg interrupted—light fixt prot by 1/4" THERMAFIBER min wool bd—2" prestressed conc units with 6" deep stems 48" o.c.—UL Des J202 (f)</p>	
40 to 44	 <p>clg wt. 1.2</p>	<p>AURATONE FIRECODE 5/8" x 12" x 12" acoust clg tile on Concealed Z-Spline Syst—clg interrupted—light fixt prot by 1/4" min wool bd—2 1/2" conc deck on riblath over bar joist—UL Des G019 (f)</p>	<p>See Sound Control Ceilings Folder for STC values of various patterns</p>
40 to 44	 <p>clg wt. 1.3</p>	<p>ACOUSTONE FIRECODE 3/4" x 12" x 12" min acoust tile on Concealed Z-Spline Syst—2 1/2" conc deck on riblath over bar joist—UL Des G018 (f)</p>	
N/A	 <p>clg wt. 2.0</p>	<p>FIRECODE 1/2" x 24" x 24" Gypsum Panels on Susp Exp Grid Syst—clg interrupted—light fixt prot by 1/4" THERMAFIBER min wool bd—2 1/2" conc deck on riblath over bar joist—UL Des G222 (f)</p>	<p>Includes 2-hr. unrestrained beam</p>

## 1 1/2-hour rated ceilings

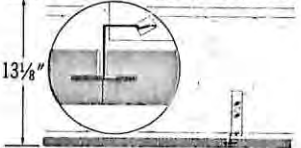
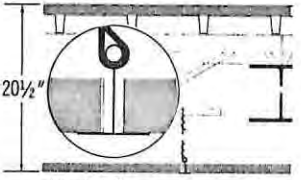
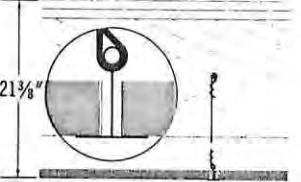
### MINERAL FIBER SURFACES

30 to 34	 <p>clg wt. 1.3</p>	<p>ACOUSTONE FIRECODE 3/4" x 12" x 12" min acoust tile on Concealed Z-Spline Syst—2" conc deck on riblath over bar joist—UL Des G020 (f)</p>	
----------------	--	--	--

45 to 49	 clg wt. 1.2	<b>AURATONE FIRECODE</b> 5/8" x 24" x 48" acoust clg panels in direct-hung Susp Exp Grid Syst—2" SPAN-ROCK gypsum plank & 3 1/2" noncomb insul over bar joist—UL Des P228 (f)
----------------	--	---

## 1-hour rated ceilings

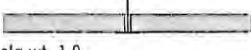

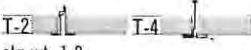
### MINERAL FIBER SURFACES

30 to 34	 clg wt. 1.3	<b>ACOUSTONE FIRECODE</b> 3/4" x 12" x 12" min acoust tile on Concealed Z-Spline Syst—1" nom plywd & MASTICAL underlayment compd or wd sub & fin floor over wd joist 16" o.c.—UL Des L003 (f)	
45 to 49	 clg wt. 1.2	<b>AURATONE FIRECODE</b> 5/8" x 24" x 48" acoust clg panels in Susp Exp Grid Syst—clg interrupted—light fixt prot by 1 1/4" THERMAFIBER min wool bd—1 1/2" stl roof deck & 1" noncomb insul over bar joist—UL Des P214 (f)	Includes 1-hr. unrestrained beam. See Sound Control Ceilings Folder for STC values of various patterns
45 to 49	 clg wt. 1.2	<b>AURATONE FIRECODE</b> 5/8" x 24" x 48" or 24" x 24" acoust clg panels in Susp Exp Grid Syst—clg interrupted—light fixt prot by 1 1/4" THERMAFIBER min wool bd—1" nom plywd & MASTICAL underlayment compd or wd sub & fin flr over 2x10 wd joist—UL Des L206 (f)	See Sound Control Ceilings Folder for STC values of various patterns

## noncombustible ceilings

### MINERAL FIBER SURFACES

40	 clg wt. 1.5	<b>DELTA Ceiling System—ACOUSTONE Foil-Backed Glacier</b> 3/4" x 24" x 24" acoust clg panels in DELTA Grid Syst—clg contin over partn—ASTM E84 (f)—USG-240-FT-G&H (s)	Sound atten. test for integrated environmental ceiling
35 to 39	 clg wt. 1.3	<b>ACOUSTONE "F" Foil-Backed</b> 3/4" x 12" x 24" or 12" x 36" min acoust tile on 1-Way Exp Grid Syst—ASTM E84(f)	One-way exposed grid system for accessibility
40 to 44	 clg wt. 1.3	<b>ACOUSTONE Foil-Backed Fissured or Glacier</b> 3/4" x 12" x 12" min acoust tile on concealed 100% Accessible direct hung Susp Syst—ASTM E84(f)	Basic direct-hung concealed accessible system
35 to 39	 clg wt. 1.3	<b>ACOUSTONE "F"</b> 3/4" x 12" x 12" or 12" x 24" min acoust tile on Concealed Z-Spline Syst—ASTM E84 (f)	Basic concealed spline acoustical tile system; STC estimated

40 to 44	 clg wt. 1.0	AURATONE 5/8" or 3/4"x24"x24" or 24"x48" acoust clg panels in Susp Exposed Grid Syst—ASTM E84 (f)	Basic noncombustible lay-in panels; NRC varies with pattern
44(1) 48(2)	 clg wt. 1.5	AURATONE 5/8"x24"x48" acoust clg panels in Susp ExpGridSyst—continoverpartn—1 1/2" THERMAFIBER sound atten blkts over clg—ASTM E84 (f)—(1) USG-210-FT-G&H (s)—(2) USG-211-FT-G&H (s)	Test USG-211-FT includes double-layer blankets extending 4' both sides of partition
N/A	 clg wt. 1.2	AIRSON Grid Air Distr Syst—Exposed AIRFLO grid systems for noncomb acoust panels—adjustable air distr through grid itself—ASTM E84 (f)	Basic steel or alum. grid with unslotted panels

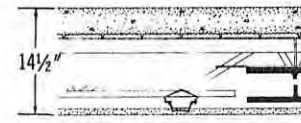
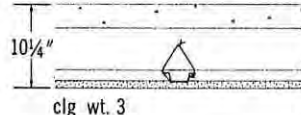
## gypsum drywall and plaster ceilings

### 3-hour rated ceilings

#### PLASTERED ASSEMBLY

N/A	 14 1/2" clg wt. 3	5/8" IMPERIAL FIRECODE "C" gypsum base & veneer plaster ceiling—USG met fur chan—base att with 1" Type S screws 12" o.c.—joints exp or taped—1/16" IMPERIAL plaster—3" conc on riblath over bar joist—UL Des G512 (f)	Includes 3-hr. unrestrained beam. Spacing of furring channel at 16" o.c. recommended
-----	--	---	--

#### GYPSUM DRYWALL SURFACES

N/A	 14 1/2" clg wt. 4	5/8" SHEETROCK FIRECODE "C" gypsum panels—USG met fur chan 24" o.c.—panels att with 1" Type S screws 12" o.c.—joints exp or fin—3" conc on riblath over bar joist—UL Des G512 (f)	Includes 3-hr. unrestrained beam
N/A	 10 1/4" clg wt. 3	5/8" SHEETROCK FIRECODE "C" gypsum panels—USG met fur chan 24" o.c.—panels att with 1" Type S screws 12" o.c. in field and 8" o.c. at ends—joints fin—prestressed conc units with 6" deep stems 48" o.c.—UL Des J502 (f)—UL Des J503 (f)—UL Des J504 (f)	Rating based on 2 3/4" thick reg. or 2 1/2" lightwt. concrete slab

634. TEMPERATURA CRITICA EN COLUMNAS DE ACERO: Para la determinación de la temperatura críticas en columnas, además, de las condiciones mencionadas anteriormente como las cargas y propiedades del acero, la temperatura crítica depende de la esbeltez de la columna. Columnas largas en general pandean aun en la deformación elástica. Por tanto, la temperatura crítica en columnas depende del  $\lambda$  o esbeltez, donde:

$$\lambda = \frac{K L}{r} \quad \text{---} \quad r = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

K = Es un factor dado por las condiciones de apoyo.  
 L = Largo de la columna.  
 r = Radio de giro de la sección.

Además de un factor de seguridad.

Para:  $\lambda < 30$  Factor de seguridad 1,9.

$\lambda > 90$  Factor de seguridad 3,9.

Entre los valores  $90 < \lambda < 30$  será un valor entre 1,9 y 3,9.

Confines prácticos la temperatura crítica.

$\lambda \geq$	100	420 C.
$\lambda <$	100	520 C.

6341. PROTECCION DE COLUMNAS: Detalles constructivos.

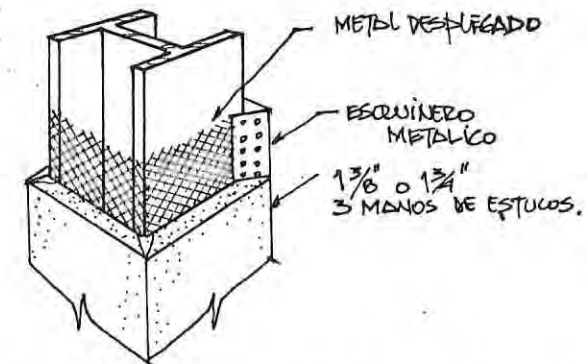


Fig.69. Columnas con protección de estuco de yeso, sobre metal desplegado.

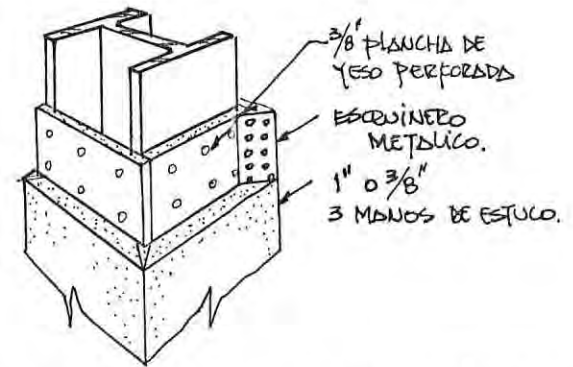


Fig.610. Columnas con protección de estucos de yeso, sobre panel de yeso.

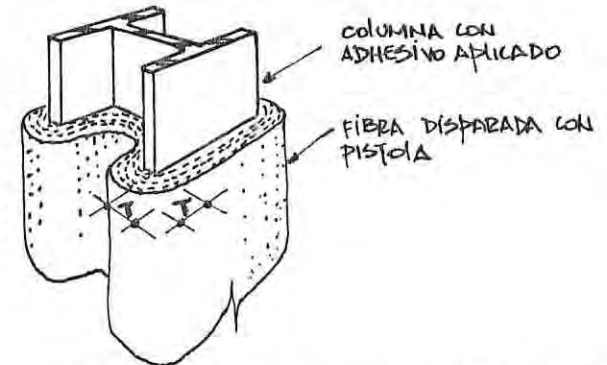


Fig.611. Columna con protección de fibra disparada con pistola.

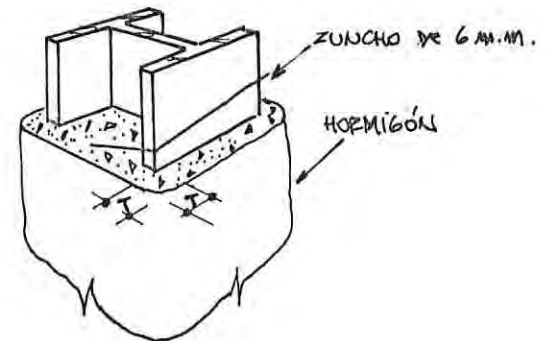


Fig. 612. Columna con protección de hormigón.

Del catálogo de la UNITED STATE GIP-SUM de U.S.A. diseños para la protección de columnas con resistencias 4 a 2 horas. Se usan los mismos materiales mencionados anteriormente.

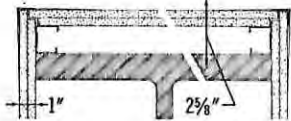

TIPO O ELEMENTO CONSTRUCTIVO

RESISTENCIA EN HORAS.

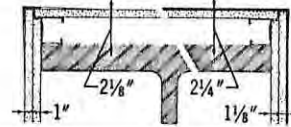
Sec, cion	Detalle constructivo	Especificación, ma- teriales, procedi- mientos de montaje y certificado de ensayo.	Comentario
--------------	----------------------	--	------------

### column fireproofing

#### 4-HOUR RATED APPLICATIONS

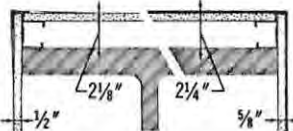
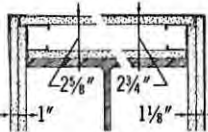
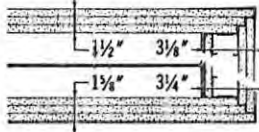
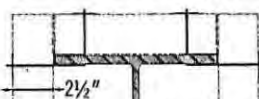
W14 x228		<p>Gypsum Drywall or Veneer Plaster Fireprfg—2 layers ½" SHEETROCK FIRECODE "C" panels or ½" IMPERIAL FIRECODE "C" gypsum base around col—panels screw att to 158ST5 stl studs at corners—met corner beads—joints fin or ¼" IMPERIAL plaster over base—UL Des X507 (f)</p>	
W14 x228		<p>THERMAFIBER Mineral Fireprfg—2" fireprfg around col att with ¼" stl wire studs welded to col 24" o.c.—UL Des X202 (f)—UL Des X304 (f)</p>	<p>Dry assembly; offers excellent thermal insulation for exterior columns</p>

#### 3-HOUR RATED APPLICATIONS

W14 x228		<p>Gypsum Drywall or Veneer Plaster Fireprfg—½" SHEETROCK FIRECODE "C" panels or ½" IMPERIAL FIRECODE "C" gypsum base around col—double layer over ea web face—panels screw att to 158ST5 stl studs at col corners—met corner beads—joints fin or ¼" IMPERIAL plaster over base—UL Des X514 (f)</p>	
-------------	---	---	--

W10 x49		<p>Gypsum Drywall or Veneer Plaster Fireprfg—3 layers 1/2" SHEETROCK FIRECODE "C" panels or 1/2" IMPERIAL FIRECODE "C" gypsum base around col—triple layer over ea flange end—inner layers on flange face separ by 158ST5 stl studs &amp; screw att—met beads on corners—joints fin or 1/16" IMPERIAL plaster over base—UL Des X515 (f)</p>	
W10 x49		<p>THERMAFIBER Mineral Fireprfg—dbl layer 2" fireprfg around col att with flange clips &amp; clinch shields 16" o.c.—UL Des X306 (f)</p>	<p>Dry assembly; offers excellent insulation for exterior columns</p>

## 2-HOUR RATED APPLICATIONS

W14 x228		<p>Gypsum Drywall or Veneer Plaster Fireprfg—1/2" SHEETROCK FIRECODE "C" panels or 1/2" IMPERIAL FIRECODE "C" gypsum base around col—panels screw att to 158ST5 stl studs at col corners—met corner beads—joints fin or 1/16" IMPERIAL plaster over base—UL Des X521 (f)</p>	
W10 x49		<p>Gypsum Drywall or Veneer Plaster Fireprfg—1/2" SHEETROCK FIRECODE "C" panels or 1/2" IMPERIAL FIRECODE "C" gypsum base around col—double layer over ea flange end—double layer on flange faces separ by 158ST5 stl studs &amp; screw att—met beads on corners—joints fin or 1/16" IMPERIAL plaster over base—UL Des X518 (f)</p>	
Varies		<p>Gypsum Drywall or Veneer Plaster Fireprfg—3 layers 1/2" SHEETROCK FIRECODE "C" panels or 1/2" IMPERIAL FIRECODE "C" gypsum base around col—triple layer over ea flange end—inner layers on flange face separ by 158ST5 stl studs &amp; screw att—met beads on corners—joints fin or 1/16" IMPERIAL plaster over base—UL Des X524 (f)</p>	<p>Rating applies to tapered or constant section prefabricated metal building columns</p>
W10 x49		<p>THERMAFIBER Mineral Fireprfg—2 1/2" fireprfg around col att with flange clips &amp; clinch shields 24" o.c.—UL Des X305 (f)</p>	<p>Dry assembly; offers excellent thermal insulation for exterior columns</p>

64. PROPIEDADES DE DEFORMACION Y RESISTENCIA DEL HORMIGON: En hormigones la resistencia a compresión varía con la temperatura. Esta variación de resistencia por temperatura depende del grado de calentamiento, duración del calentamiento, tamaño y forma del espécimen sometido al ensayo. O si el componente está sometido a carga o no, durante la prueba. A estos factores hay que agregar las características de los agregados del hormigón, tales como el tipo, tamaño del ripio y razón agua-cemento.

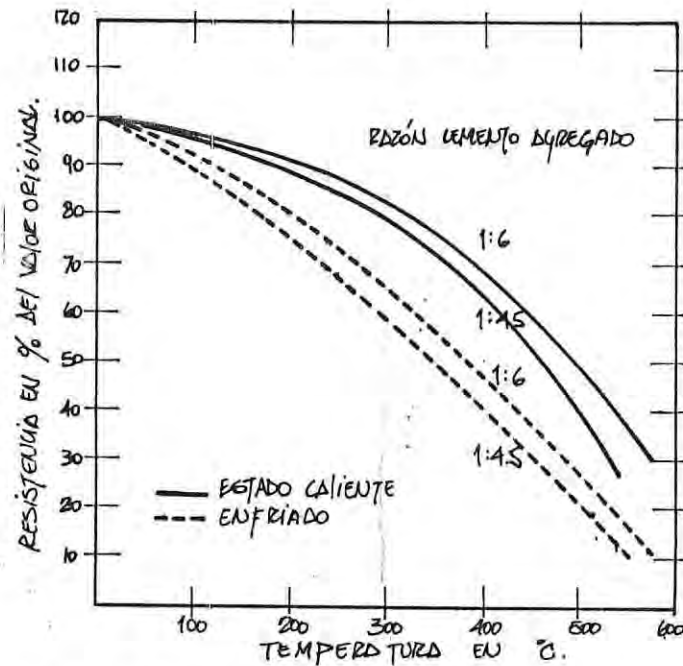


Fig.613. Diferencia de resistencias a compresión de hormigones pesados ( 2400 Kg/ Mt<sup>3</sup> ). En estado caliente y enfriados

El gráfico ( Fig.613.) muestra la diferencia de resistencia a compresión entre especímenes

en estado caliente (sin carga) y otros enfriados . La resistencia del enfriado es menor que el calentado.

Un concreto calentado bajo 500 C., se rehidrata recuperando su resistencia en un 90 %, al periodo de un año.

Por sobre los 500 C. los hormigones se deterioran rapidamente porque, el monto de agua expulsado de su estructura cristalina y transformaciones en el cuarzo acompañado de dilataciones en el hormigón, disgregandose y perdiéndose la cohesión.

641. MODULO DE ELASTICIDAD: En general en el hormigón, al aumento de temperatura el módulo de elasticidad decae.

En condiciones normales el módulo de elasticidad del hormigón, es parecido a su resistencia en compresión.

El gráfico (Fig.614.) nos muestra los rangos superiores e inferiores de los cambios del módulo de elasticidad. Al aumento de temperatura el módulo baja; y será recuperable si no excede sobre los 500 C., al cabo de un año en un 90 %.

642. EXPANSION EN EL HORMIGON: En el hormigón la expansión por temperatura está relacionada o depende de los agregados.

Agregados blandos tienen pequeña influencia en la expansión.

Agregados duros tienen mayor influencia en la dilatación del concreto por temperatura, al igual que la pasta de cemento, al ser calentada puede encoger y junto con ella el resto del concreto.

Es importante considerar las expansiones cuando el hormigón alcanza temperaturas sobre 700 C. y es usado como recubrimiento de secciones de acero.

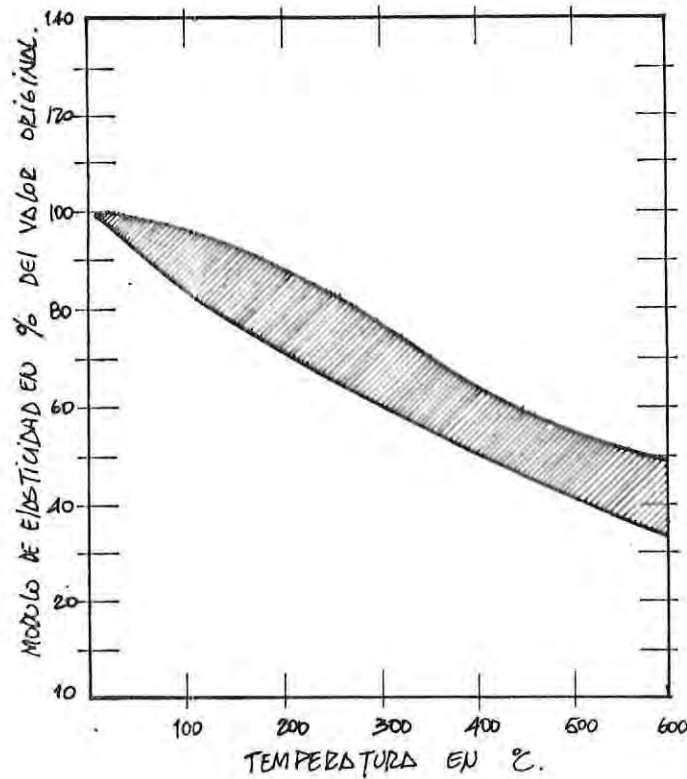


Fig. 614. Valores superiores e inferiores del módulo de elasticidad de concretos pesados ( $2.400 \text{ Kg/Mt}^3$ ) a elevadas temperaturas.

643. TEMPERATURAS CRITICAS EN EL HORMIGON ARMADO:  
Para la determinación de la temperatura crítica en el hormigón hay que considerar varios parámetros:

- Forma geométrica del elemento.
- Deformación y resistencia del hormigón y acero.

- Influencia de las condiciones de apoyo.
- Cargas.
- Restricción al desplazamiento y factor de seguridad adoptado.

Lo común es encontrar el hormigón trabajando en combinación con el acero. Este último es el que determina su temperatura crítica al llegar el calor por conductabilidad a las barras de acero.

65. TEMPERATURA CRITICA EN EL HORMIGON PRETENSADO:  
Para este tipo de hormigón su capacidad de resistencia depende del acero (Fig. 615.). En pretensados una variación de 300 a 500 C. significa una pérdida de un 50 % de su resistencia. Además que en este tipo de estructuras, el creep o escurrimiento merecen especial atención.

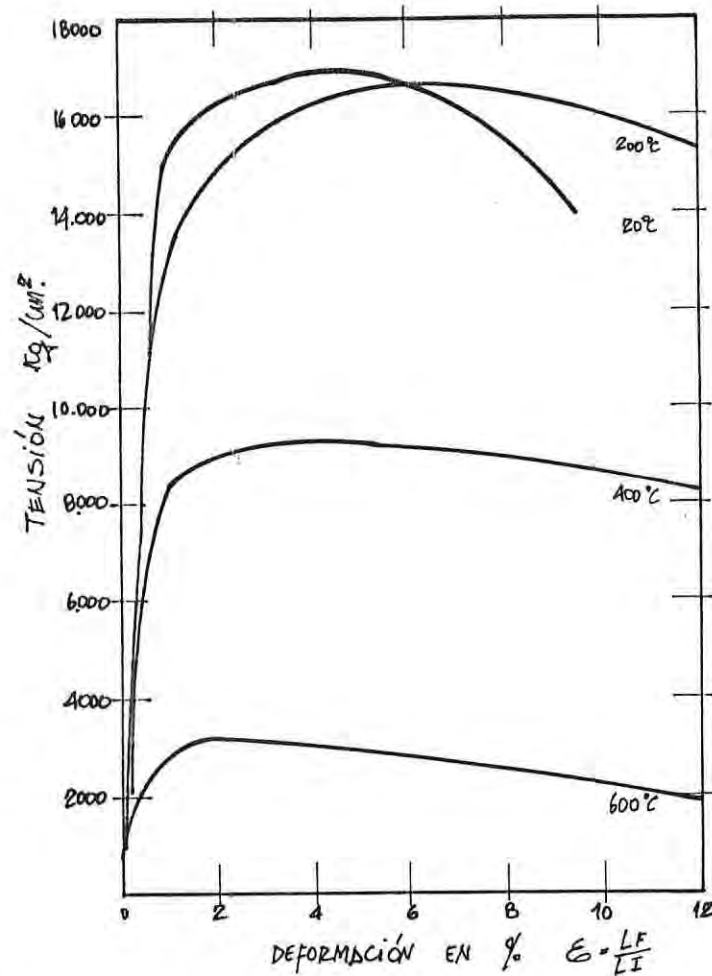


Fig. 615. Gráfico tensión-deformación para aceros pretensados ASTM A-421 a diferentes temperaturas.

En el gráfico (Fig. 516) se muestra la flecha en función de la temperatura, cargas de diseño fueron aplicadas a los especímenes.

El promedio muestra que el hormigón pretensado en vigas colapsa cuando el acero alcanza temperaturas del orden de los 450 C. y en el hormigón armado cerca de los 650 C.

La flecha alcanza altos valores aun en bajas temperaturas.

Las fallas que llevan a colapso las vigas son:

- A) Ruptura del acero del pretensado en la base de la viga.
- B) Falla del hormigón por exceso de compresión en la cara superior.
- C) En los casos límites suelen ocurrir ambos.

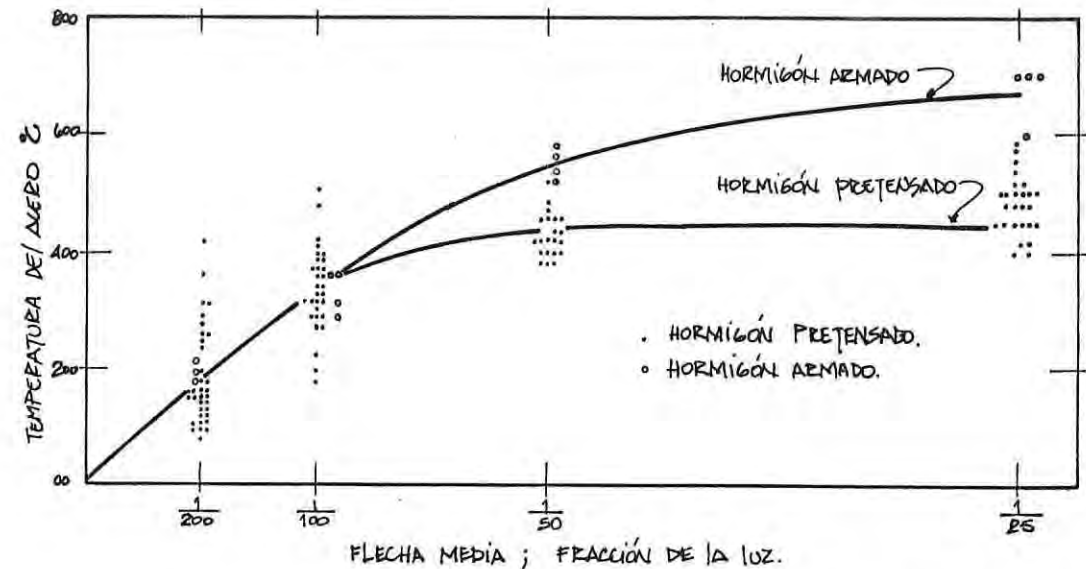


Fig. 616. Relación entre flecha y temperaturas del hormigón pretensado y armado en vigas. Determinado por numerosos ensayos.

## CAPITULO 7. NORMAS DE SEGURIDAD.

71. ¿QUE ES UNA NORMA?: El Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas define normalización como.

"Disciplina que trata del establecimiento, aplicación y adecuación de reglas destinadas a conseguir y mantener un ordenamiento dentro de un campo determinado, con el fin de procurar beneficios para la sociedad acorde con su desarrollo económico y social." \*71.

Algunas normas tienen carácter de obligatorias en su aplicación. Como es el caso de las normas de edificación, que en su concepto básico es un cuerpo normativo en que la acción individual tiene que ser regulada en favor del bienestar del usuario en general y son aplicadas por los gobernantes a través de las municipalidades, específicamente por las direcciones de obra.

Las normas de edificación especifican la aceptabilidad de los materiales de construcción y métodos constructivos, cargas y esfuerzos permitidos. Requerimientos mecánicos y eléctricos. Además especificaciones de carácter de salubridad y seguridad.

Las normas de seguridad tienen por objetivos la protección de vidas y de los edificios principalmente contra los efectos del fuego.

711. NORMAS DE PROTECCION DE VIDAS: Estas normas son adoptadas para la protección de vidas por causas de los efectos del fuego, productos de la combustión, como, llamas, calor radiante, gases y humo.  
Cabe mencionar el pánico como un efecto secundario y resultado de esta situación, se-

gún Fred Clarke,

"El problema más difícil es como va actuar la gente en un incendio, si tú tratas de imaginar cómo los problemas de seguridad suceden y como la gente reacciona es diferente para edificios de oficinas, departamentos y plantas industriales." \*72.

De los productos de la combustión que causan más muertes son el efecto del humo y gases. Michael Slifka, dice:

"En la mayoría de los fuegos, aquellos que mueren, están muertos antes que el fuego los alcance, es el humo y productos tóxicos los más peligrosos para la vida humana". \*73.

En el incendio del Hotel M.G.M., Las Vegas U.S.A. ocurrido en el año 1980, extraído del periódico.

"La mayoría de las 85 víctimas pereció por la humareda. "El humo fue el asesino". Dijo, Roy Parrish Comandante de bomberos.

"En todas partes donde se quemaran plásticos se producen venenos respiratorios mortales. Las instalaciones climáticas (aire acondicionado) distribuyeron estos gases por todo el hotel. Con la combustión del P.V.C. se produce ácido prúsico y clorhídrico, y el resultado es fatídico". \*74.

Otros gases altamente peligrosos es el monóxido de carbono (CO) que en porcentajes mínimos produce:

%	Horas	Efecto
0,02	2 Horas	Ligero
0,1	1 Hora	Grave
1	1 Minuto	Muerte. *75.

"Este gas producto de una combustión incompleta de materias orgánicas a base de carbono. Al llegar a los pulmones se combina con la hemoglobulina de la sangre a una velocidad 200 veces mayor que el oxígeno, formando una tóxina y captando el oxígeno de la sangre". \*76.

El anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) produce:

%	Efecto.
2	Aumenta el pulso en un 50 %.
3	Aumenta el pulso en un 100 %.
5	Respiración difícil.
10	Muerte.

Otros gases producto de la combustión.

Gas	%	Efecto	Origen.
H <sub>2</sub> S	0,04	Sistema nervioso	Goma, cuero.
SO <sub>2</sub>	0,05	Irritante	Lana, goma.
NH <sub>3</sub>	0,25	Muerte	Plásticos.
CCH	0,15	Muerte	P.V.C.
NO <sub>2</sub>	0,0025	Neumonía	Nitrato Celulosa.

También la falta de oxígeno sobre las personas produce:

%	Efecto
15	Anoxia (falta de destreza).
10	Pérdida de la razón.
6	Pérdida de conocimiento. *77.

Y por último, el humo impide la visibilidad, irrita los ojos y dificulta la respiración. El humo son finas partículas de carbón en suspensión en vapor de agua.

72. NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION: Es una organización norteamericana, sin fines de lucro que dicta las normas de seguridad y protección contra las pérdidas de vidas, bienes y edificios por el fuego. Junto al National Board of Fire Underwriters, están en constante evaluación, innovando los standard para su uso en el diseño y reducir los peligros de fuegos. Además, este último es el que lleva a cabo los ensayos, según las normas ASTM para los materiales, componentes electrónicos de alarma, detección y extinción. También los procedimientos y normas de instalación para la prevención de fuegos. El N.F.P.A. propone cuatro clasificaciones según su ocupación, contenido, tipo constructivo y localización. En cada una se evalúa el aspecto de la seguridad. Todas las normas contra incendio vigentes en U.S.A. se basan en estas sugerencias. Las normas varían según la región y los requerimientos específicos de cada localidad.

721. CLASIFICACION POR OCUPACION: Esta clasificación por ocupación mide posibles concentración de gente, imposibilidad o restricción de sus ocupantes y actividades que encierran un peligro potencial. Con el fin de imponer mayores requerimientos de seguridad, ya sean en la evacuación, extinción, prevención, materiales o tipo constructivo. En Chile tenemos la norma NCH-932, E 72, es similar en su concepción pero sin una aplicación práctica, en el diseño contra el fuego.

TIPO 1 Edificios destinados a reunión de 100 o más personas.

Usos: Deliberación, culto, entretención, distracción y espera de transporte. También: teatros, cines, salas de asambleas, salas de pool y billares, hosterías, salas de conferencias, sala de exposiciones, clubes nocturnos y diurnos, iglesias, capillas mortuorias, salas tribunales y terminales de transporte.

Subclasificación según capacidad para TIPO 1

1-A Edificios destinados a reunión de 1000 o más personas.

1-B Edificios destinados a la reunión de un número mayor a 300 y menor de 1000 personas.

1-C Edificios destinados a la reunión de menos de 300 personas.

Tipo 2 Edificios destinados a la instrucción.

Usos: Escuelas, liceos, colegios, universidades, academias, jardines infantiles, salas de cunas.

TIPO 3 Edificios destinados a la medicina curativa física o mental, tratamientos correctivos

y cumplimientos penales.

Subclasificación de los edificios TIPO 3.

3-A Edificios destinados al cuidado de la salud; Hospitales, policlínicos, edificios para medicina preventiva.

3-B Edificios destinados al alojamiento de 4 o más personas incapaces de la autopreservación, por la edad o por enfermedad; salas de niños menores de 6 años, deficientes mentales, casas de ancianos.

3-C Edificios destinados a personas con grados de restricción o seguridad; cárceles, prisiones, instituciones penales.

TIPO 4 Edificios destinados para habitación.

TIPO 5 Edificios destinados a operaciones comerciales; estudios profesionales, lectura, archivos. También oficinas, intendencias, municipalidades, tribunales y bibliotecas.

TIPO 6 Edificios destinados a procedimientos de molaje, mezcla, embalaje, terminaciones, decoraciones, reparaciones, talleres, laboratorios, plantas de limpiados en seco, plantas de fuerza, aserraderos, estaciones de bomberos.

TIPO 7 Edificios destinados almacenamiento y resguardo de mercaderías, productos, vehículos o animales, como armerías, frigoríficos, terminales pesqueros, hangares, silos y graneros.

722. CLASIFICACION POR CONTENIDO: Esta clasificación valora la carga de incendio de los recintos según el uso o manipulación de los materiales de contenido combustibles. Los recintos o edificios se pueden clasificar en tres categorías;

MEENOS PELIGROSOS: Son los que tienen baja combustibilidad y consecuentemente el peligro será el pánico. Están: Los departamentos, iglesias, clubes, hospitales, hoteles, edificios oficinas y escuelas.

PELIGRO MODERADO: En que los contenidos tienen un combustible moderado, no son explosivos y no dejan escapar gases venenosos. Fábricas de ropas, telares, fábricas de hilados, imprentas, librerías, áreas de guardar, litografías, refineries de azúcar.

ALTAMENTE PELIGROSOS: Son aquellos posibles de arder rápidamente, explotar (gasolina) o dejan escapar gases venenosos. Hangares de aviones, fábricas químicas, refineries de aceites y diyentes. Todos los recintos altamente peligrosos deben tener suficientes escapes y permitir a los ocupantes escapar, con distancias de recorrido no mayor de 23 Mts., que es el tiempo que puede recorrer en 10 segundos, manteniendo el aire en sus pulmones.

723. CLASIFICACION POR TIPO CONSTRUCTIVO: El N.F.P. A. clasifica los edificios en 5 tipos:

TIPO 1 Construcción resistente al fuego: Sus elementos son materiales incombustibles con resistencias al fuego no menores de:

- 4 Horas para muros de carga.
- 4 Horas para columnas y vigas sosteniendo más de un piso.
- 3 Horas para columnas y vigas soportando un solo piso.
- 2 Horas para particiones interiores.

TIPO 2 Construcción de madera de gran escuadria con muros de carga de material incombustible (como albañileria) con un mínimo de 2 horas de resistencia al fuego, y sus miembros de madera tienen no menos de:

- 8" X 8" Para columnas.
- 6" X 10" Para vigas.
- 4" X 6" Para cerchas.
- 4" Para pisos.
- 2" Para entablados de cielo.

TIPO 3 Construcción incombustible: Donde elementos estructurales, muros y particiones son de construcción incombustible tal como acero sin protección. Cuando muros de carga son protegidos con 2 horas de resistencia al fuego y columnas, pisos y techos, son protegidos con una hora de resistencia al fuego, esta se le denomina como construcción incombustible protegida.

TIPO 4 Construcción ordinaria: Donde los muros de carga son de material incombustible con un mínimo de dos horas de resistencia al fuego y la estructura interior, techo y piso son combustible. Cuando, techos y pisos tienen una hora de protección, se le denomina construcción ordinaria protegida.

TIPO 5 Construcción de madera: Todos los elementos son de madera o otro material combustible, pero no está calificada como madera de gran escuadria o construcción ordinaria. Cuando techo, piso y sus soportes tienen una hora de protección se le designa construcción de madera protegida. \*78.

En Chile la ordenanza y la norma NCH-932, E 72. Da una clasificación de los edificios según el material utilizado.

CLASE A Edificio con estructura de acero.

CLASE B Edificio con estructura de hormigón armado.

CLASE C Edificio con estructura de albañilería reforzada de ladrillo o bloque.

CLASE D Edificio con estructura de madera.

CLASE E Edificio con estructura de materiales compuestos.

CLASE F Edificios con estructura de albañilería de adobe.

724. CLASIFICACION POR LOCALIZACION: Evalua la ubicación de los edificios en la trama urbana. La elaboración de la zonificación por parte de organismos de planificación en la determinación de zonas de incendios o zonas límites, para la ubicación de edificios de alto

contenido combustible o áreas sin barreras contra incendio que compromete la propagación al resto de la comunidad. También determina las distancias mínimas entre edificios, a fin de restringir al mínimo la propagación por radiación a edificios cercanos. \*79.

73. CINCO FACTORES PARA UN MAXIMO DE SEGURIDAD: El N.F.P.A. da individualmente para cada uso en edificios, los factores para un máximo de seguridad. Este ejemplo corresponde para un uso de hospital, pero que también puede ser aplicado para un edificio de altura.

1) Subdivisión del riesgo:

Concepto: Un hospital debe ser dividido en secciones o compartimentos con corredores de separación, escalas aisladas o de seguridad y aisladas de los pisos por puertas de seguridad.

Propósito: Un incendio debe ser aislado.

2) Escapes desde cada piso hacia el nivel de calle.

Concepto: Escapes deben conducir directamente al exterior.

Propósito: Ninguna persona debe quedar atrapada en el interior.

3) Escalas y puertas.

Concepto: Escalas de seguridad con puertas resistentes al fuego y brazo de cerrado automático.

Propósito: Proteger escalas de seguridad del humo cuando son usadas durante la evacuación

Concepto: Escalas de diseño apropiadas.

Propósito: Escaleras de ancho suficiente para dar cabida a las camillas.

- 4) Sprinkler (rociadores) y aparatos detectores de fuego

Concepto: Una pronta detección y extinción.  
 Propósito: Máximo de protección ofrecida por un diseño apropiado. Cuando sistemas de sprinkler no fueran posibles de usar, detectores de humo y calor se requieren para un aviso rápido.

- 5) Sistemas de alarmas.

Concepto: Alertar a los ocupantes del peligro.  
 Propósito: Inmediata acción para extinguir, controlar y evaluar. \*710.

74. SEGURIDAD EN EDIFICIOS DE ALTURAS: Es evidente que los riesgos de pérdida aumentan en los edificios de altura. Porque a mayor número de pisos, hay mayor concentración de gente, más superficie edificada, aumento del riesgo de producirse un fuego. Los tiempos de evacuación de los usuarios aumentan con la altura, un estudio del National Research del Canadá, da una tabla de los tiempos requeridos para evacuación, según la altura.

Nº de Pisos	120 Personas por Piso.	
50	66	Minutos.
40	52	"
30	30	"
20	25	"
10	19	"

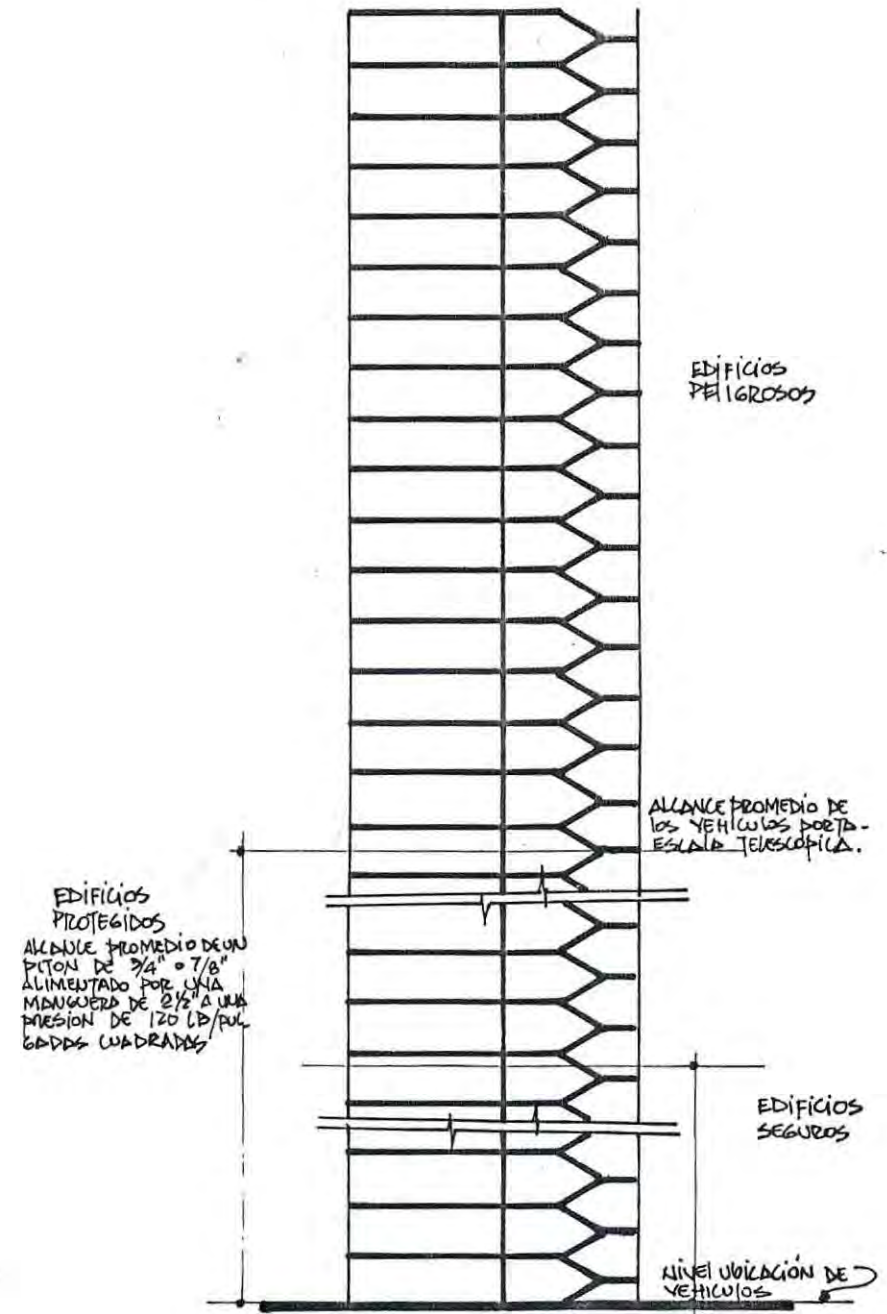


Fig.71. Clasificación de los edificios de altura, según bomberos.

Otra dificultad, que la eficiencia de bomberos disminuye con la altura del edificio. Bomberos entrega una clasificación de edificios de altura de acuerdo al alcance de sus equipos de agua y escalas.

Sobre el noveno piso ya es considerado peligro (Fig.71.).

En la conferencia internacional sobre seguridad contra el fuego, realizada en Warren-teng, Virginia, U.S.A. El año 1971. Se definió por edificio de altura.

"Se considera edificio de altura aquellos en cual una evacuación de emergencia sería poco práctica y en los cuales el fuego debe ser combatido desde el interior. Además, tienen estas características en común:

- Su altura los coloca fuera del alcance de los equipos aéreos de bomberos.
- El efecto de chimenea se presenta como un peligro potencial.
- Requieren de un tiempo ilógico de evacuación.

Es importante también la consideración. que en un edificio de altura, para eficiencia funcional estará dotado de equipos verticales de ascensión, muchas veces de microclimas que plantean condiciones especiales de seguridad". \*711.

que estaba vigente del año 1949. La que no reflejaba el desarrollo alcanzado por la construcción de altura en el país.

75. NORMA CHILENA DE LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIO: A consecuencia del siniestro ocurrido en la Torre Santa María; el que dejó una pérdida de 11 vidas, un decreto con fuerza ley, dejó sin vigencia la antigua ordenanza de construcción en los artículos referidos a la seguridad contra incendio que

# Ministerio de Vivienda y Urbanismo

## MODIFICA LA ORDENANZA GENERAL DE CONSTRUCCIONES Y URBANIZACION

Santiago, 31 de Marzo de 1981.— Hoy se decretó lo que sigue:

Núm. 55.— Visto: Lo dispuesto en el inciso segundo del artículo 3º del D.F.L. Nº 458, (V. y U.), de 1975; Ley General de Urbanismo y Construcciones; el D.L. Nº 1.305, de 1976; los artículos 2º y 21º, inciso cuarto, de la ley Nº 16.391.

### Decreto:

Artículo 1º— Modifícase la Ordenanza General de Construcciones y Urbanización en la forma que a continuación se expresa:

1.— Derógase la definición de "Muro cortafuego", contenida en el artículo 2º.

2.— Agréganse al artículo 57 los siguientes nuevos incisos:

"Los Cuerpos de Bomberos estarán facultados para inspeccionar, con autorización del propietario o del administrador, en su caso, las condiciones de seguridad contra incendio y el funcionamiento de las instalaciones de emergencia de los edificios. Si con motivo de una inspección se constataren anomalías en el funcionamiento de las instalaciones de emergencia del edificio, o que no se cumplen las condiciones de seguridad contra incendio previstas en la presente Ordenanza, el Comandante del Cuerpo de Bomberos respectivo dará cuenta por escrito del resultado de la inspección al Director de Obras Municipales de la Comuna de ubicación del inmueble, a fin de que se adopten las medidas legales pertinentes.

Los Cuerpos de Bomberos estarán habilitados para revisar periódicamente los grifos de incendio, con autorización del propietario o del administrador, en su caso, y las cañerías matrices que los abastecen, con el objeto de que éstos estén siempre en perfectas condiciones de servicio. Si con motivo de las revisiones periódicas se constataren anomalías, el Comandante del Cuerpo de Bomberos deberá notificarlas por escrito a la Empresa o Servicio competente para su reparación."

3.— Reemplázase el Capítulo VIII "DE LOS EDIFICIOS CONTRA INCENDIO Y DE LA PROTECCION CONTRA INCENDIO", del Título II, "REGLAS DE ARQUITECTURA", de la PRIMERA PARTE "DISPOSICIONES RELATIVAS A LA CONSTRUCCION", por el siguiente nuevo Capítulo VIII:

### "Capítulo VIII

#### DE LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIO

Artículo 92.— Todo edificio deberá cumplir con las normas mínimas de seguridad contra incendio contenidas en el presente capítulo, como asimismo, con las disposiciones sobre la materia contenidas en la pre-

sente Ordenanza, de acuerdo con el destino específico de cada edificio.

Las disposiciones contenidas en el presente capítulo persiguen como objetivo fundamental, que el diseño de los edificios asegure que se cumplan las siguientes condiciones:

- 1.— Que se reduzca al mínimo, en cada edificio, el riesgo de incendio;
- 2.— Que se evite la propagación del fuego, tanto al resto del edificio como desde un edificio a otro;
- 3.— Que se facilite el salvamento de los ocupantes de los edificios en caso de incendio; y
- 4.— Que se facilite la extinción de los incendios.

Artículo 93.— Para los efectos de la presente Ordenanza, son construcciones contra incendio aquellas construidas con materiales y elementos componentes, estructurales o no, que cumplan con los requisitos mínimos de resistencia al fuego, de acuerdo con lo establecido en los artículos siguientes.

Artículo 94.— Los edificios cuyo destino y condiciones se indican en la tabla siguiente, deberán proyectarse y contruirse con resistencia al fuego equivalente a grado 1 o 2:

Destino	Condiciones
Habitación	Edificios de 5 o más pisos.
Educación, Salud y Rehabilitación	Edificios de 3 o más pisos.
Reuniones, Espectáculos y Exhibiciones	Capacidad para 300 personas o más, o más de 300 m <sup>2</sup> . construidos.
Oficinas y Comercio	Edificios de 2 o más pisos, o con más de 500 m <sup>2</sup> . construidos.
Industria	Edificios de 2 o más pisos.

Los edificios no incluidos en la tabla inserta en el inciso anterior, deberán proyectarse y construirse con una resistencia al fuego equivalente, a lo menos, a grado 3 o 4.

Artículo 95.— El grado de resistencia al fuego de los edificios se medirá en horas de resistencia al fuego de los materiales y elementos que se empleen en la construcción de las diferentes partes del edificio, conforme a la siguiente tabla:

#### TIEMPO MINIMO DE RESISTENCIA AL FUEGO EN HORAS

Grado de resistencia	Muros soportantes, incluso los de cajas de escaleras no soportadas y divisorios de departamentos		Elementos de techumbres		Muros cortafuegos
	Muros	Muros no soportados	Entrepisos	Muros	
1	3.00	1.00	2.00	1.00	3.00
2	2.50	0.50	2.00	0.50	3.00
3	2.00	0.25	1.00	0.50	3.00
4	0.50	0.25	0.50	0.25	3.00

Para determinar la resistencia al fuego de los materiales y elementos a que se refiere el inciso anterior, como asimismo cuando cualquier otro precepto exija que se asegure una determinada resistencia al fuego, se estará a lo dispuesto en las Normas Técnicas Oficiales y se exigirá que su cumplimiento se acredite con certificado de ensaye de materiales extendido por alguna Institución Oficial de Control Técnico de Calidad de Materiales.

Artículo 96.— Todo edificio de 7 o más pisos deberá tener, a lo menos, una "zona vertical de seguridad" que, desde el nivel superior hasta el de la calle, permita a los usuarios protegerse contra los efectos del fuego, humos y gases y evacuar masiva y rápidamente el inmueble.

Sin perjuicio de los requisitos específicos que establezcan las normas técnicas oficiales correspondientes, serán exigibles para las zonas de seguridad de dichos edificios, las siguientes normas generales:

a) La distancia máxima desde la puerta de acceso de un departamento u oficina, hasta el ingreso a una zona vertical de seguridad, será de 38 m.;

b) El diseño, construcción y terminaciones de las zonas verticales de seguridad y su continuidad hasta el egreso al exterior, a nivel de la calle, deben garantizar una resistencia al fuego de a lo menos 2 horas; y

c) Las zonas verticales de seguridad, deben estar dotadas de sistemas de iluminación y de ventilación, que permitan a los usuarios desplazarse y evacuar el edificio sin peligro de verse afectados por los humos y gases generados por el incendio, aun cuando el suministro normal de energía eléctrica sea interrumpido.

Artículo 97.— En todo edificio de 7 o más pisos, se deberán instalar detectores automáticos y un sistema de alarma que permita alertar simultáneamente a todos los usuarios en caso de incendio.

Artículo 98.— Los edificios dispondrán de instalaciones especiales de agua según se especifica a continuación:

a) Red Seca: Todo edificio de siete o más pisos deberá contar con la instalación de una red metálica independiente para agua, con válvula de retención, de uso exclusivo del Cuerpo de Bomberos, de fácil acceso en la boca de la entrada, para conexión de los carros bomba. Las características técnicas de esta red serán las especificadas en el Manual de Normas Técnicas para la realización de las instalaciones de Agua Potable y Alcantarillado, aprobado por D.S. N° 70, (M.O.P.), de 1981, y sus modificaciones o complementaciones.

b) Llave de agua contra incendio: En todo edificio deberá instalarse, por cada unidad de vivienda, oficina, departamento o local comercial, una llave con hilo exterior conectada al sistema de agua potable, que quede situada a una distancia no mayor de 20 m. de cualquier punto de la unidad respectiva, en la cual deberá quedar instalada una manguera que servirá solamente para combatir principios de incendio. No será exigible el cumplimiento de esta obligación únicamente cuando el edificio disponga de Red Húmeda de las características previstas en el Manual de Normas Técnicas para la realización de las instalaciones de Agua Potable y Alcantarillado, aprobado por D.S. N° 70, (M.O.P.), de 1981, y sus modificaciones o complementaciones.

Artículo 99.— Todos los edificios de 7 o más pisos, y también los que contengan locales de reuniones con capacidad para 300 personas o más, deberán contar con sistema automático de alumbrado de emergencia, independiente de la red pública, para los efectos de iluminar las vías de escape. Las canalizaciones eléctricas, y/o los aparatos y artefactos empleados en el sistema, deberán disponerse de manera tal que aseguren una resistencia a la acción del fuego durante una hora a lo menos.

Sin perjuicio de lo anterior, en los edificios de 7 o más pisos y los destinados a locales de reunión de personas, de cualquier capacidad, o destinados a comercio o industria, se deberá consultar un espacio para instalar los empalmes eléctricos con resistencia mínima de 2 horas a la acción del fuego. En estos recintos se deberá contar con dispositivos que permitan una fácil desconexión del sistema eléctrico cuando sea necesario.

Artículo 100.— En los edificios de 16 o más pisos se deberá colocar un sistema de alimentación eléctrica sin tensión, para el uso exclusivo del Cuerpo de Bomberos. El punto de alimentación de este sistema deberá estar ubicado en el piso de acceso, dentro de un nicho situado en la fachada exterior del edificio, diseñado de tal modo que sólo pueda ser manipulado por bomberos.

La red eléctrica sin tensión tendrá a lo menos una salida en cada piso, ubicada en un lugar visible, que diste no más de 40 m. de cualquier punto de dicho piso y con terminal de conexión de acuerdo a lo que sugiera al efecto el Cuerpo de Bomberos.

Las canalizaciones eléctricas de dichos sistemas deberán ser construidas con resistencia mínima de 2 horas a la acción del fuego.

Artículo 101.— En los locales en que se manipule, expendan o almacene productos inflamables, la Dirección de Obras Municipales, previo al otorgamiento de la patente respectiva, deberá exigir la colocación de dispositivos adecuados contra incendio.

Artículo 102.— En los edificios que cuenten con sistema central de aire acondicionado, se deberá disponer de detectores de humo en los ductos principales, que actúen desconectando automáticamente el sistema.

Se dispondrá, además, de un tablero de desconexión del sistema central de aire acondicionado ubicado adyacente al tablero general eléctrico y para el uso exclusivo del Cuerpo de Bomberos.

Artículo 103.— Para los efectos previstos en la presente Ordenanza, se entenderá por muro cortafuego el construido con estabilidad estructural; con resistencia mínima de 3 horas a la acción del fuego; que separe desde el suelo, hasta por lo menos 0.50 m. más arriba de la cubierta del techo más alto, dos partes de un mismo edificio o dos edificios adosados.

En los muros cortafuego no podrán establecerse vanos ni empotrarse materiales que rebajen la resistencia mínima al fuego señalada en el inciso anterior.

En conjuntos habitacionales de uno o dos pisos en edificación continua, será necesario disponer de muros cortafuego a lo menos cada 40 m. Además, los muros divisorios hasta la cubierta deberán asegurar una resistencia mínima al fuego de una hora.

En los casos de fachadas con techos salientes, aleros, u otros elementos de madera, los muros cortafuego que separan propiedades contiguas se prolongarán a lo menos 0.20 m. hacia adelante de dichos elementos.

*Plancha de emergencia*

*Red seca*

Artículo 104.— Todo ducto de humo deberá salir verticalmente al exterior y sobrepasar el nivel de cubierta, en el punto de perforación, a lo menos 1,50 m.; estos ductos se construirán en toda su altura con materiales cuya resistencia mínima a la acción del fuego sea de 1 hora.

No se permitirá la colocación de vigas o tirantes de madera a una distancia menor de 0,20 m. de la superficie interior de los caños de chimenea o conductos de humo y a menos de 0,60 m. de cualquier hogar.

Artículo 105.— Los hogares de panaderías, fundiciones, etc., no podrán colocarse a una distancia menor de 1 m. de los muros medianeros. El caño de sus chimeneas deberá quedar separado 0,15 m. de los muros en que se apoyan o se afirman, y rellenarse el espacio de separación con materiales refractarios.

Artículo 106.— Delante de las aberturas de las chimeneas y cuando el entramado del suelo sea de un material con resistencia a la acción del fuego inferior a 1 hora, deberá consultarse un revestimiento de 0,50 m. de ancho mínimo y que sobresalga, a lo menos, 0,30 m. de cada lado de la abertura del hogar, con materiales de resistencia a la acción del fuego superior a 1 hora.

Los caños de chimeneas de cocinas a carbón y de calderas de calefacción, deberán tener sus paredes de material incombustible de un espesor suficientemente aislador del calor e impermeable a los gases o humo de los hogares.

Artículo 107.— En los edificios que consulten sistemas de conducción o descarga de basuras, los buzones tolva y conductos deberán ser contruidos con materiales de resistencia a la acción del fuego superior a 1 hora. Además, dispondrán de ventilación adecuada en su parte superior, y de una lluvia de agua en la parte alta, que pueda hacerse funcionar en los casos que en un atascamiento de basuras en un ducto se llegara a producir un principio de incendio, y que pueda ponerse en funcionamiento desde un lugar de fácil acceso ubicado en el primer piso.

Artículo 108.— Los ductos de ventilación ambiental, exceptuados los de aire acondicionado, serán de material con resistencia mínima de una hora a la acción del fuego y no contendrán cañerías ni conducciones de instalaciones de ninguna especie.

Artículo 109.— Los edificios de 7 o más pisos deberán contar con acceso desde la vía pública hasta la base de dichos edificios, tanto para ambulancias como también para carros bomba y/o de escalas, el que tendrá una resistencia adecuada y un ancho suficiente para permitir el paso expedito de los mismos.

Artículo 110.— Las Industrias deberán mantener siempre una distancia igual o mayor de 3 m., respecto de los muros medianeros, tanto laterales como posteriores.

Artículo 111.— Todos los edificios que tengan 5 o más pisos, deberán cumplir con las condiciones mínimas señaladas en el artículo 199 para losas de entresijos, techumbres, pasillos, escaleras y salidas, salvo que la presente Ordenanza contemple normas sobre estas materias de acuerdo al destino específico de los edificios, en cuyo caso se aplicarán estas últimas.

Artículo 112.— Los empalmes de gas corriente o gas natural, y los estanques para almacenamiento de gas licuado, se proyectarán de manera tal que en caso de incendio no impidan la evacuación del edificio y cuenten con dispositivos de fácil acceso para que los bomberos corten el suministro de gas."

4.— Reemplázase el punto 4, de la letra b), del artículo 199, por el siguiente:

"4. Tabiquería que asegure una resistencia mínima al fuego de 2 horas y una aislación acústica de 45 decibeles."

5.— Reemplázase el artículo 325 por el siguiente:

"Artículo 325.— Las salas de caldera deberán construirse de material incombustible y se aislarán de cualquier otro local mediante muros cortafuego y puertas metálicas. Deberán disponer de ventilación directa al exterior y tener una salida por cada 30 m<sup>2</sup>. o fracción de superficie, debiendo ser necesariamente una de ellas oblicua y las demás podrán ser de tipo vertical, que conecten a un recinto intermedio a su vez provisto de una puerta metálica, o bien directamente al exterior.

La capacidad cúbica de las salas de caldera no será inferior a 35 m<sup>3</sup>. por cada 100.000 kilos calorías/hora de potencia de las calderas en funcionamiento.

Cada caldera deberá tener libre acceso. Al frente del fogón deberá existir un espacio libre no inferior a una y media vez el largo de los tubos de la caldera."

6.— Reemplázase el artículo 332 por el siguiente:

"Artículo 332.— La instalación de ascensores y montacargas se ajustará a las normas oficiales y a las disposiciones que contienen los artículos siguientes.

Los sistemas electromecánicos de los ascensores se aprobarán por SEG y corresponderá a la Dirección de Obras Municipales exigir el cumplimiento de esta disposición para los efectos del otorgamiento de la recepción final de la construcción correspondiente.

Además del legajo de documentos anexos que se requieren para el permiso municipal y que están establecidos en el artículo 20 de la presente ordenanza, se acompañará un plano detallado de la instalación de ascensores o montacargas en aquellos edificios que consulten este servicio. Este plano se compondrá de las plantas y secciones que permitan definir la obra gruesa y terminaciones de la caja (escotilla), como también todos los detalles de la cabina."

Artículo 2º.— No serán aplicables las disposiciones del presente decreto supremo a alteraciones o reconstrucciones de parte de edificios, siempre que la construcción que se altere o reconstruya se hubiere ejecutado cumpliendo con las normas de prevención de incendios vigentes con anterioridad a este decreto y, que dichas modificaciones en total no signifiquen un aumento de más del 50% en el número de ocupantes previstos para dicho edificio.

Artículo 3º.— El presente decreto supremo empezará a regir 30 días después de su publicación en el Diario Oficial.

Por razones de urgencia, la Contraloría General de la República tramitará el presente decreto supremo en el plazo de cinco días.

Anótese, tómesese razón y publíquese.— AUGUSTO PINOCHET UGARTE, General de Ejército, Presidente de la República.— Jaime Estrada Leigh, General de Brigada, Ministro de Vivienda y Urbanismo.

Lo que transcribo a US. para su conocimiento.— Dios guarde a US.— Bernardo Garrido Valenzuela, Ministro de Fe.

76. NORMAS DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIO EN U.S.A.:

Las sugerencias del N.F.P.A. son recogidas en 5 diferentes modelos de normas o reglamentos de construcción que son el Southern Standard Code, Uniform Building Code, Basic Building Code, National Building Code. La mayoría de las 18,000 ordenanzas regionales o estatales en U.S.A. son similares o adoptadas de estos 5 modelos.

Todas las referencias tienen carácter de ley y los edificios deben reunir lo especificado en el máximo de altura permisible y áreas por piso.

Estas especificaciones son basadas en las características del edificio, ubicación en zona de incendio, tipo de ocupación, materiales de construcción y sistemas constructivos, ubicación con respecto a las líneas de propiedad, escapes y sistemas de extinción.

Limitación de la altura y área para edificios según su resistencia al fuego.

MATERIAL	ALTURA		AREA	
	Mt		1º PISO. Mt <sup>2</sup> .	2º Piso Mt <sup>2</sup> .
Resistente al fuego	No	Límite	No	Límite
Tipo A	No	Límite	No	Límite
Tipo B	26		No	Límite
Protegida Incombustible.	23		1.672	1.115
Madera de Gran Escuadria	20		1.115	744
Ordinaria	14		836	557
Incombustible no protegida	11		836	557
Madera	11		557	372.

\*712.

Tabla de los tiempos de resistencia al fuego en horas según la ocupación o uso.

CLASE	USO	Grados de Resistencia al fuego en horas.
A	Altamente peligroso.	4
B-1	Bodega, moderadamente peligrosa.	3
B-2	Bodega Bajo peligro.	2
C	Comercio.	3
D	Industria.	3
E	Oficinas.	2
F-1	Asambleas-teatros.	3
F-2	Asambleas club nocturno.	3
F-3	Asamblea, centro de recreación, lectura, terminales.	2
F-4	Asamblea, iglesia, escuelas.	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
H-1	Institucional, ocupantes restringidos.	3
H-2	Institucional, ocupantes incapacitados.	2
L-1	Residencial hoteles.	2
L-2	Residencial, conjunto habitacional.	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
L-3	Residencial 1 y 2 viviendas.	3/4

\*713.

Gran importancia se le da en la norma la determinación del N° de escapes en función del N° de personas por piso. (carga de uso).

Tabla de Mt<sup>2</sup> por ocupantes.

USOS	Mínimo de dos escapes requeridos cuando el N° de ocupantes es sobre	Mt <sup>2</sup> Por Ocupantes
- Hangares de aviones	10	46,45.
- Salas de remates	30	0,65.
- Asambleas sin asientos fijos de uso concentrado. Auditorios. Iglesias y Capillas. Salas de bailes. Estadios.	50	0,65.
- Asambleas con menos concentración. Salas de conferencias. Comedores. Bar. Salón de exhibición. Gimnasio. Escenarios.	50	1,40.
- Casas de ancianos y orfanatos.	5	7,45.
- Salas de clases	50	1,85.
- Dormitorios	10	4,75.
- Viviendas	10	27,90.
- Estacionamientos	30	18,70.
- Hospitales y sanatorios.	5	7,45.
- Hoteles y departamentos.	10	18,60.
- Cocinas, comerciales	30	18,60.
- Librerías.	50	4,65.
- Camarines	30	4,65.
- Cuartos de máquinas	30	27,90.
- Parvularios	5	4,65.

- Oficinas.	30	9,30.
- Talleres de escuelas.	50	4,65.
- Tiendas		
Salas de ventas		
Subterráneos.		1,85.
Nivel de calle.	50	2,80.
Pisos superiores.	10	4,65.
- Bodegas	30	27,90.
- Todos los otros	50	9,30.

\*714.

También tablas de materiales a utilizar en terminaciones interiores se dan en la norma. A fin de limitar el uso de materiales de fácil propagación de llama, alta densidad de humo y combustibilidad. Disposiciones sobre escalas de seguridad, anchos, números de peldaños y ventilaciones de las mismas, conexión de escapes horizontales o las escalas de seguridad.

77. ¿CUALES SON LOS NIVELES DE RIESGOS ACEPTABLES EN LA SEGURIDAD?: Joseph Sprague dice:

"Es claro que un 100 % de seguridad en la mortalidad es imposible, entonces, ¿Cual es el nivel o porcentaje de muertes posibles aceptables?.

Hoy sucede que todos obligan a cargar los edificios con aparatos que no han probado, para incrementar la seguridad.

Lo que en realidad necesitamos es un definido nivel de riesgo aceptado y, entonces, las normas escritas, diseños producidos deberán de reunir ese nivel de riesgo." \*715.

## CAPITULO 8. PREVENCIÓN DE INCENDIO EN EDIFICIOS DE ALTURA.

81. OBJETIVOS Y ESPIRITU DE LA NORMA: Las normas escritas respecto a la prevención y seguridad son bien explícitas en el espíritu y objetivos.

Especifican que los edificios aseguren las siguientes condiciones:

- 1) Que se reduzcan al mínimo, en cada edificio, el riesgo de incendio
- 2) Que se evite la propagación del fuego, tanto al resto del edificio como desde un edificio a otro.
- 3) Que se facilite el salvamento de los ocupantes de los edificios en caso de incendio. *(enunciación)*
- 4) Que se facilite la extinción de los incendios.

La enumeración de los objetivos anteriores, apoyados por un cuerpo normativo, hacen responsable total al arquitecto de llevar a la práctica estos objetivos.

82. EL ARQUITECTO COMO PROFESIONAL A CARGO: El arquitecto como responsable es el encargado de cumplir con las exigencias de las normas. En sus decisiones de diseño debe apoyar estos enunciados.

Williams J. Mc Guinness destaca los siguientes ítems que deben ser considerados en las etapas de diseño:

- A) Seleccionar el tipo estructural y material de acuerdo a las densidades de uso, localización respecto a las líneas de propiedad y vecindad.

Combustibilidad de las terminaciones y el supuesto contenido de los edificios.

- B) Limitar los volúmenes internos (compartimentalización). Dentro de un criterio de barrera de fuego. Con el objetivo, de delimitar los focos del fuego.
- C) Tomar las precauciones en la perforaciones de las barreras requeridas.
- D) Diseñar los escapes y el sentido direccional de los mismos.
- F) Instalar y determinar ubicación, tipo de sistemas de alarma, detectores de humo y temperaturas.
- G) Ubicar sistemas automáticos de extinción.

En el Seminario de Prevención de Incendios en edificios se dan los siguientes partidas a considerar en el diseño.

- A) Propagación del fuego.
  - Destino o uso del proyecto.
  - Carga combustible.
  - Construcción y detalles.
  - Terminaciones y acabado.
  - Alhajamiento y funcionamiento.
- B) Integridad del edificio.
  - Resistencia al fuego.
  - Compartimentalización.
  - Estabilidad estructural.
- C) Propagación de humos y gases.

- C1) Control de humos y gases.  
- Barreras.  
- Ventilación.  
- Sistemas de aire acondicionado y calefacción.  
- Presurización de aire.

- C2) Protección humana.  
- Evacuación de los ocupantes.  
- Evacuación horizontal.  
- Evacuación vertical.  
- Refugios.  
- Supervivencia.

- D) Detección y alarma.  
- Sensores.  
- Señal.  
- Activación.  
- Comunicación de alarma.

E) Extinción.

- E1) Extinción por usuarios.  
- Cajas de incendios  
- Red húmeda.  
- Brigada de emergencia.  
E2) Extinción por bomberos  
- Red seca  
- Movimiento de bombero.  
- Ventilación.  
- Salvataje.  
- Extinción.  
- Evitar colapso.

- F) Emplazamiento del edificio.  
- Mantenimiento de redes de agua.  
- Acceso al entorno.

- G) Emplazamiento urbano.  
- Distancia mínimas entre edificios.  
- Intearacción entre edificios.  
- Apoyo de la infraestructura.

\*82.

83. SISTEMAS EMPLEADOS EN LA PREVENCIÓN DE INCENDIOS EN EDIFICIOS: Después del planteo general de selección de la estructura y sus condiciones de seguridad, que son específico para caso individual. La planificación y diseño de la red eléctrica, detección y alarma son los más importantes.

831. INSTALACIONES ELECTRICAS: Gran número de fuegos son iniciados por falla de circuitos, crecimiento del consumo o mala ejecución al violar, las normas de instalaciones eléctricas de la Superintendencia de Servicio Eléctricos. La Fig.71. muestra una red de distribución de energía eléctrica para un edificio. Cabe mencionar los sistemas de emergencia, que en caso de falla del suministro normal. Estos equipos deben seguir en funciones con un generador o baterías, además, deben alimentar la red de luces de emergencia, dirigir los ascensores al primer piso y presurización del aire si lo hay. La instalación y cables de los sistemas de alarma, deben ser independiente de la red general, sin interrupción y con accesibilidad solo a personal autorizado.

832. SISTEMAS DE ALARMA Y DETECCION: El propósito de estos sistemas es preveer suficiente tiempo para la evacuación del edificio y tomar las medidas para contrarestar el siniestro.



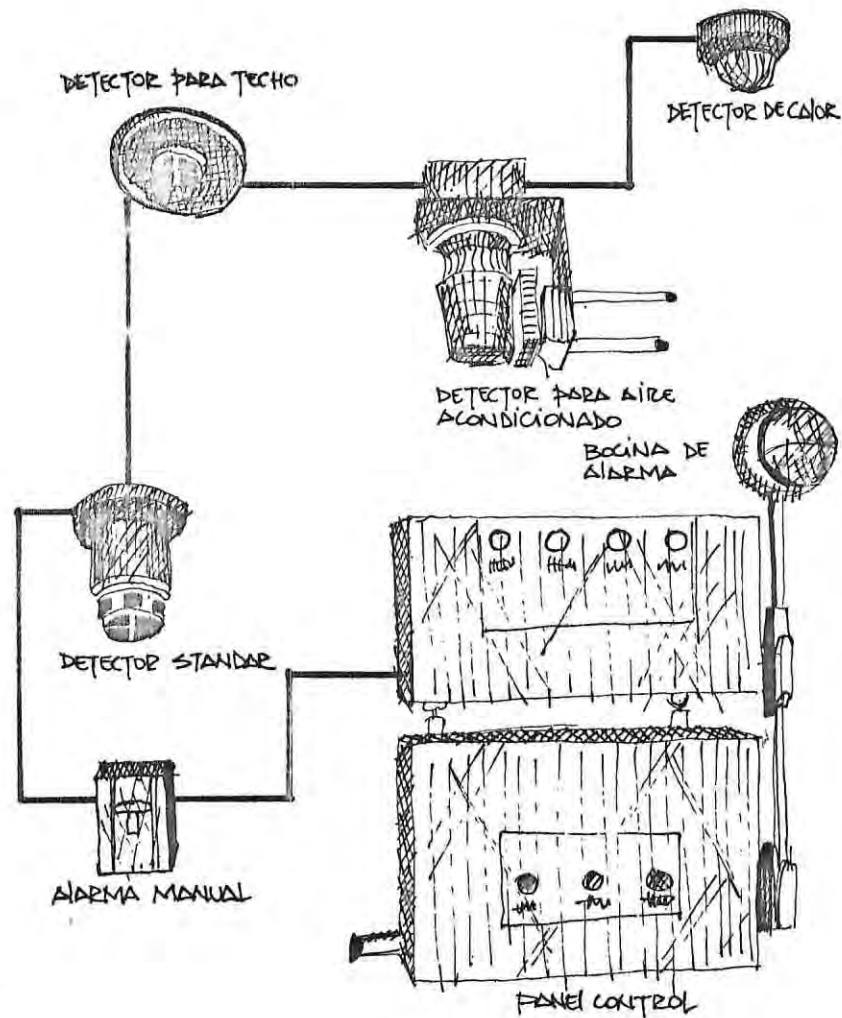


Fig.83. Panel control y los elementos detectores.

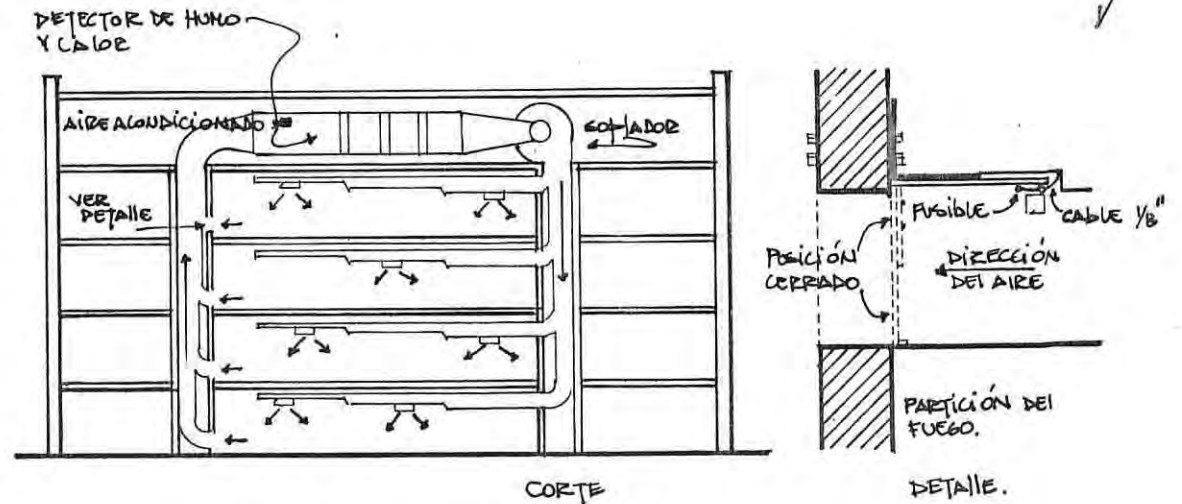


Fig.84. Instalación típica del aire acondicionado, con sistemas de detección y barreras.

Abrir ventilaciones de incendio en el techo, presurización del aire, sistemas automáticos de extinción y otras funciones. Es importante para asegurar el funcionamiento del sistema una segunda fuente de energía propia y segura, a base de baterías o generador. La ubicación de los sensores o detectores, se hace sobre base de zonas de mayor riesgo o que sea necesario interrumpir un sistema. Como es el caso del aire acondicionado (fig. 84.). Que en circunstancias de un incendio propagaría los humos y llamas a través de los

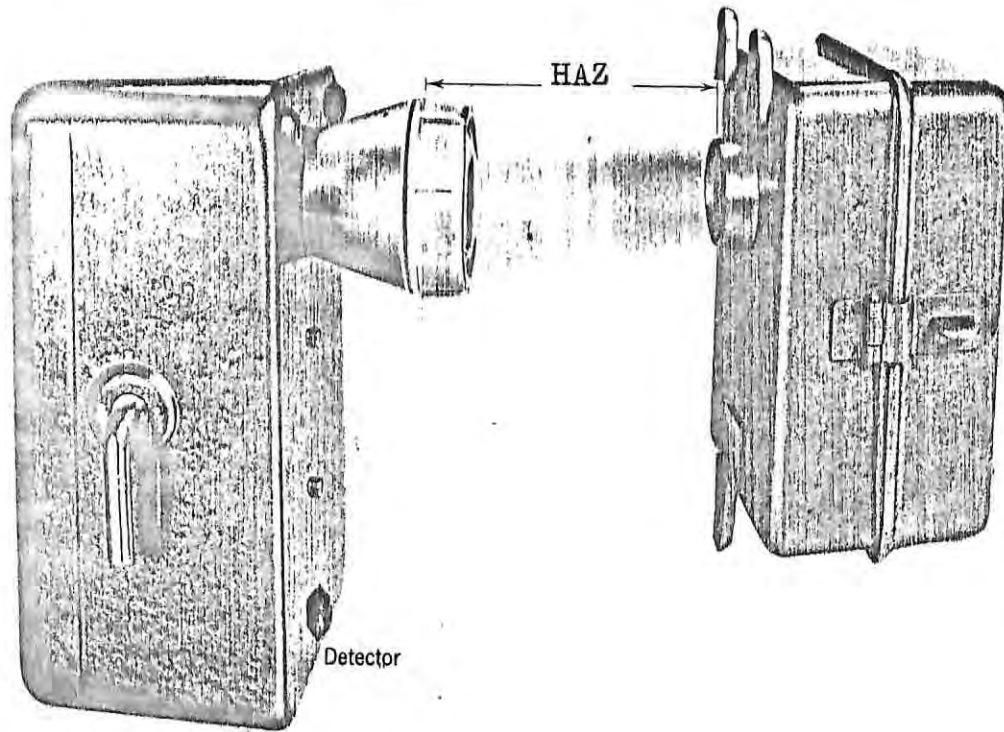


Fig.85. Equipos detectores de humo, usado en ductos de ventilación.

ductos a otros compartimentos. También se distribuyen en compartimentos y áreas de carácter público como, espacios repartidores y hall. En salas de máquinas con alto contenido de materiales combustibles. Suelen instalarse aparatos extintores autoamáticos, que se autoinician al detectarse en el sensor, alguna variación de temperatura, llamas o humo.

834. LUCES DE EMERGENCIA: Estas luces son requeridas para una segura evacuación del edificio y permitir a bomberos trabajar.

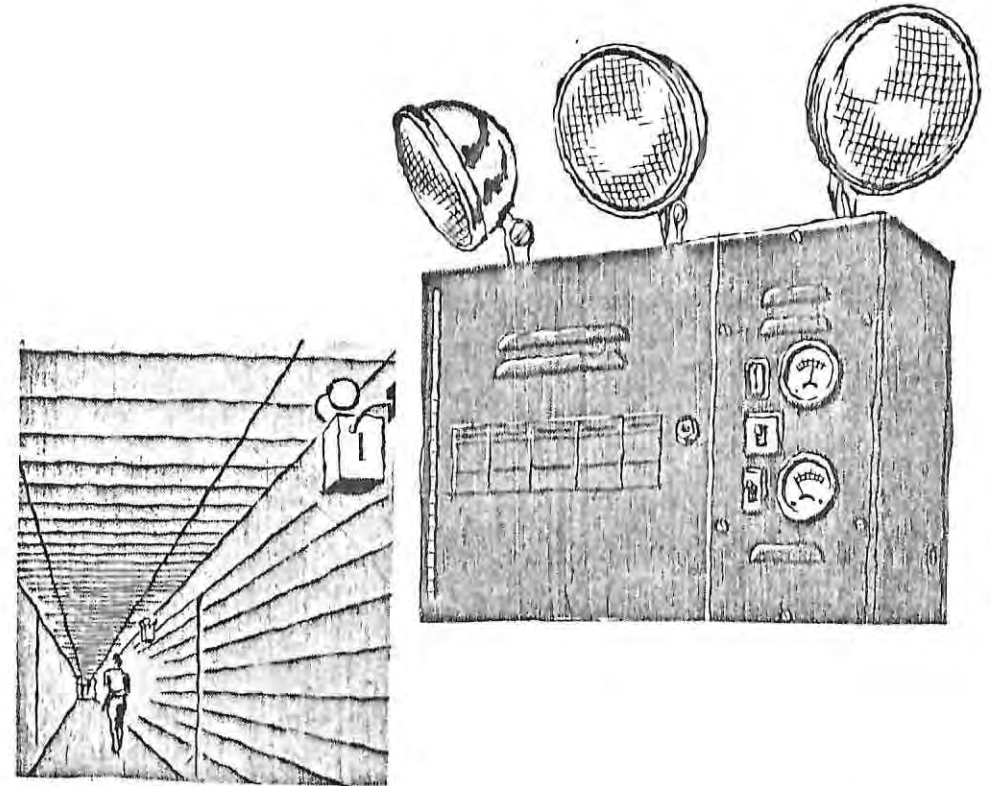


Fig. 86. Unidad de emergencia de energía autónoma.

Estas deben ser incluidas en escapes horizontales, cajas de escalas verticales y recepción. La fuente de energía debe ser otra y no el

suministro normal.  
Las baterías que operan las luces deben estar estratégicamente localizadas en el edificio para preveer energía en caso, de falla del suministro normal.

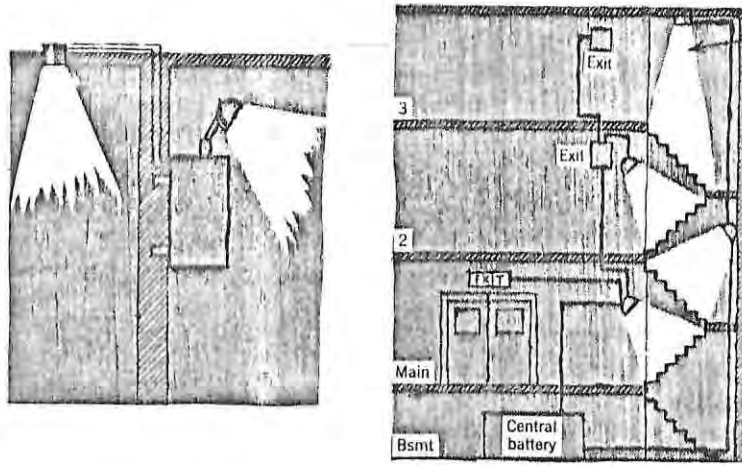


Fig.87. Luces individuales y de batería central.

Estas unidades pueden ser contenidas individualmente o alimentadas por una batería central o generador de emergencia.

835. SISTEMAS DE EXTINCION, RED HUMEDA: Consiste en una red de cañerías metálicas, alimentada por el agua del estanque superior del edificio. Esta red tiene salida en todos los pisos, por las cajas de incendio, donde se mantiene un pistón y mangueras para ser usado en primera instancia por brigadas o usuarios del edificio.

En U.S.A. esta red húmeda termina en unos rociadores que cubren una área determinada de superficie, se operan automáticamente al registrar una subida de temperatura en su termostato. Este sistema representa una gran inversión en los costos del edificio, en Chile no se utiliza.

Esta red tiene por objetivo, combatir el fuego mientras da tiempo a la llegada de bomberos y su reserva de agua es de 25 a 30 minutos.

Suele usarse en combinacion o sistemas mixtos junto a la red seca.

836. RED SECA: Esta instalación cuenta con una entrada de alimentación al sistema; por donde se acopla la bomba de bomberos para dar presión al agua que sube. Esta tiene salida en todos los pisos y se ubican próximos a las escalas de servicio del edificio y no en las cajas de seguridad, así, no entorpecer la evacuación.



Fig.88. Pieza de conección a la red seca.

Cuenta con los accesorios necesarios para el acoplamiento del material de bomberos. Cuando diseñado como sistema mixto de red seca y húmeda es necesario la instalación de válvulas de retención para impedir el escape del agua al estanque superior.

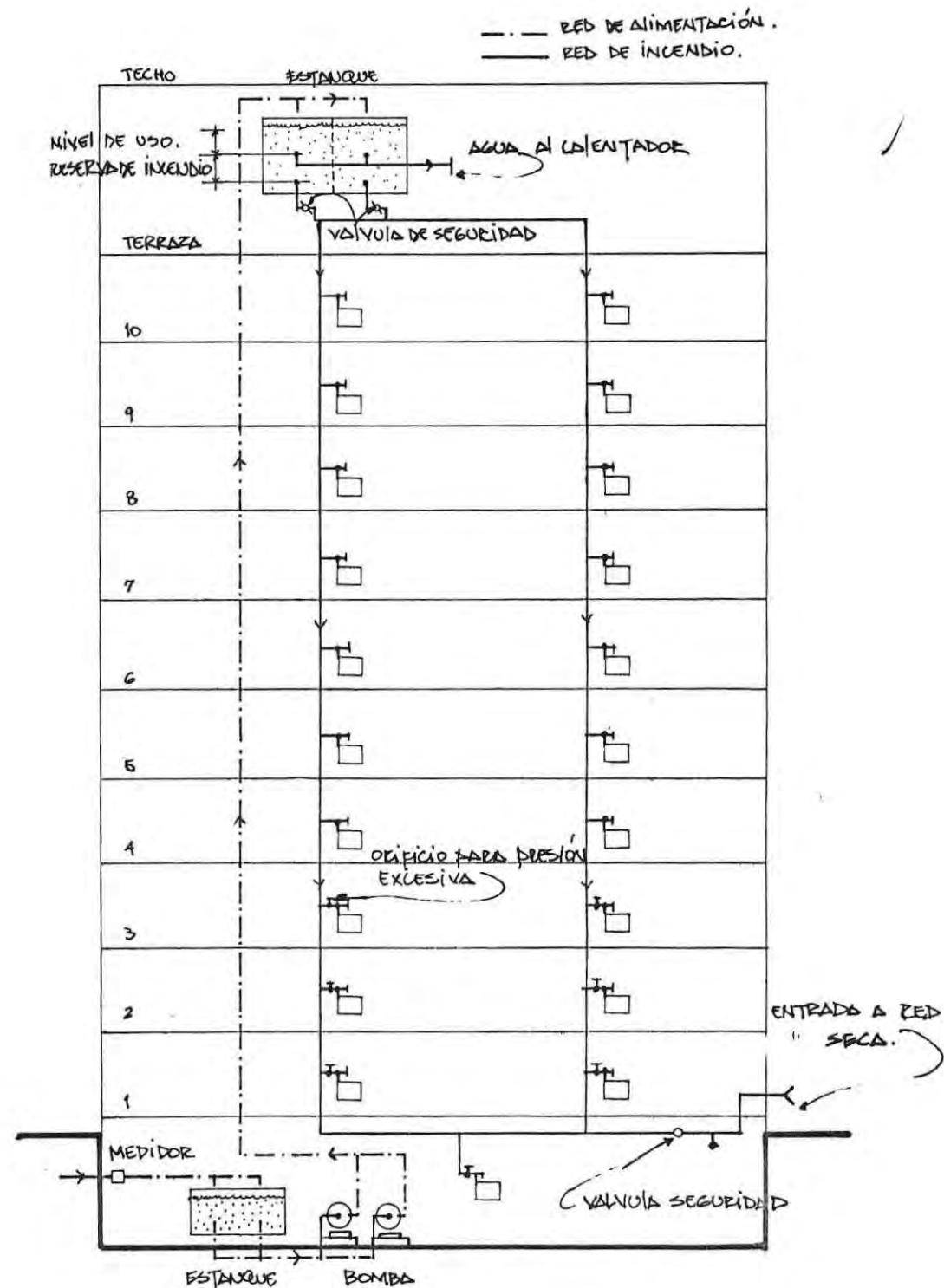


Fig. 89. Esquema de la red seca en un sistema mixto.

836. CAJAS DE INCENDIO: Son los elementos de extinción de primera instancia y operados en el periodo de crecimiento del fuego son un arma eficaz, cuando aún el fuego se encuentra fácil de sofocar.

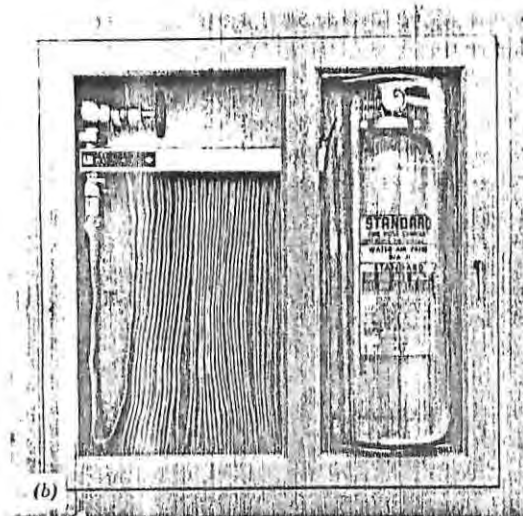


Fig. 810. Caja de incendio con manguera y extinguidores.

Estas cajas cuentan con un pistón y manguera (salidas de la red húmeda). Con un largo que permite llegar a cualquier punto en el piso. Además, tiene un extinguidor de calse A y B.

837. OPERADOR DEL PANEL CENTRAL: En orden de vigilar y supervisar el buen funcionamiento de los sistemas. Estos se concentran en una consola, la que puede ser operada por un solo hombre (fig. 812.). Para proceder de acuerdo a un plan preestablecido en caso de siniestro. Es impor-

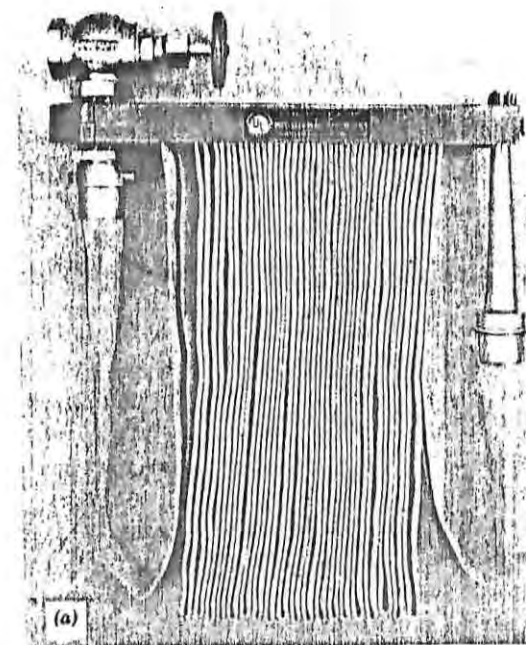


Fig. 811. Terminación red seca.

tante un alto grado de conocimiento del funcionamiento de los equipos de alarma y procedimientos a seguir de acuerdo al sistema adoptado.

En la actualidad, el avance tecnológico ha permitido introducir sistemas computarizados, los cuales, permiten verificar hasta 4 veces antes de activar la alarma. A su vez, controlan los detectores de llamas, humo, calor, bocinas y señalización luminosa. Pueden activar sistemas de extinción, dirigir programas de evacuación, cierre de puertas, compartimentos y aberturas de las ventilaciones de incendio.

838. AISLACION PISO A PISO: Suele suceder que edificios de altura, sus primeros pisos cuentan con escalas mecánicas. Las que por su construcción dificultan la compartimentalización entre piso y piso.

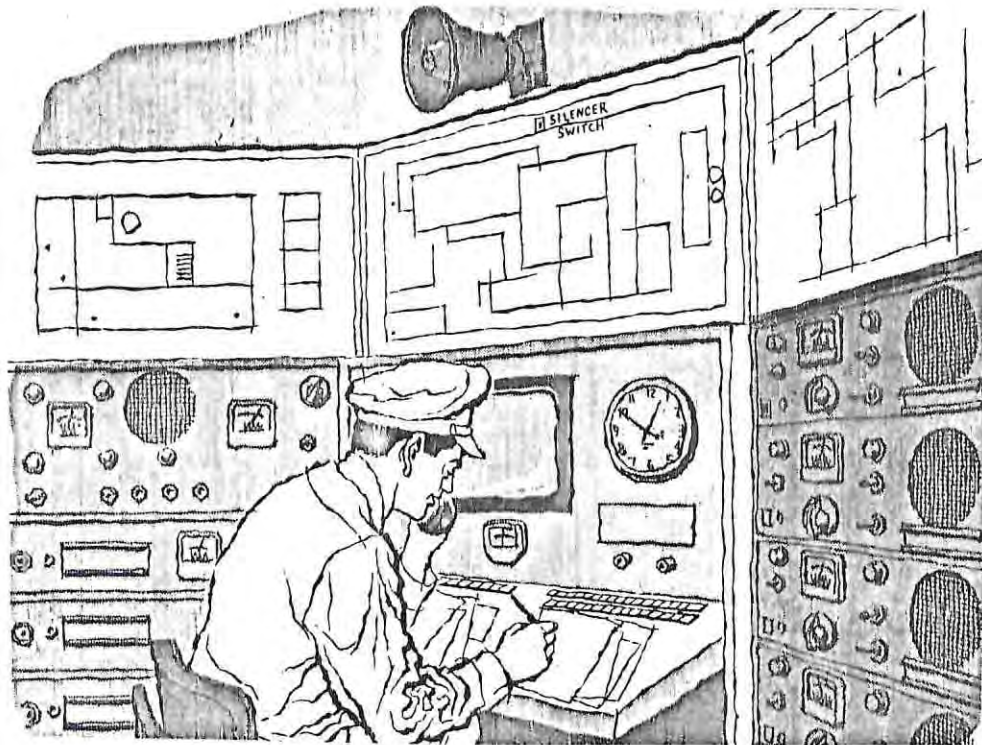


Fig. 812. Esquema de un terminal o panel control, operado por un solo hombre.

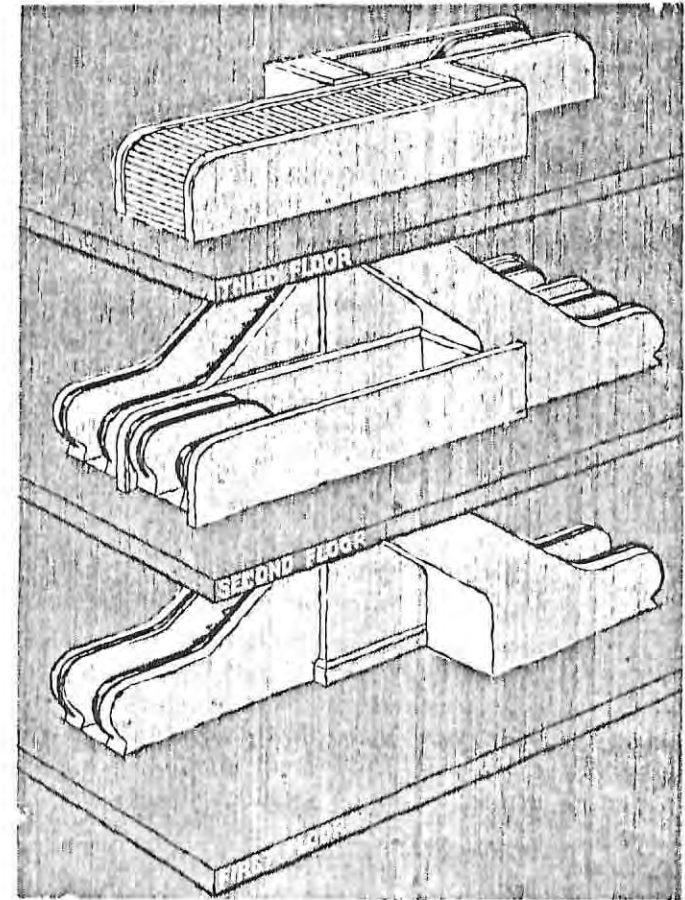


Fig. 813. Barrera para espacios con escaleras mecánicas.

Especiales instalaciones son requeridas para aislar los pisos y extraer el humo al exterior.

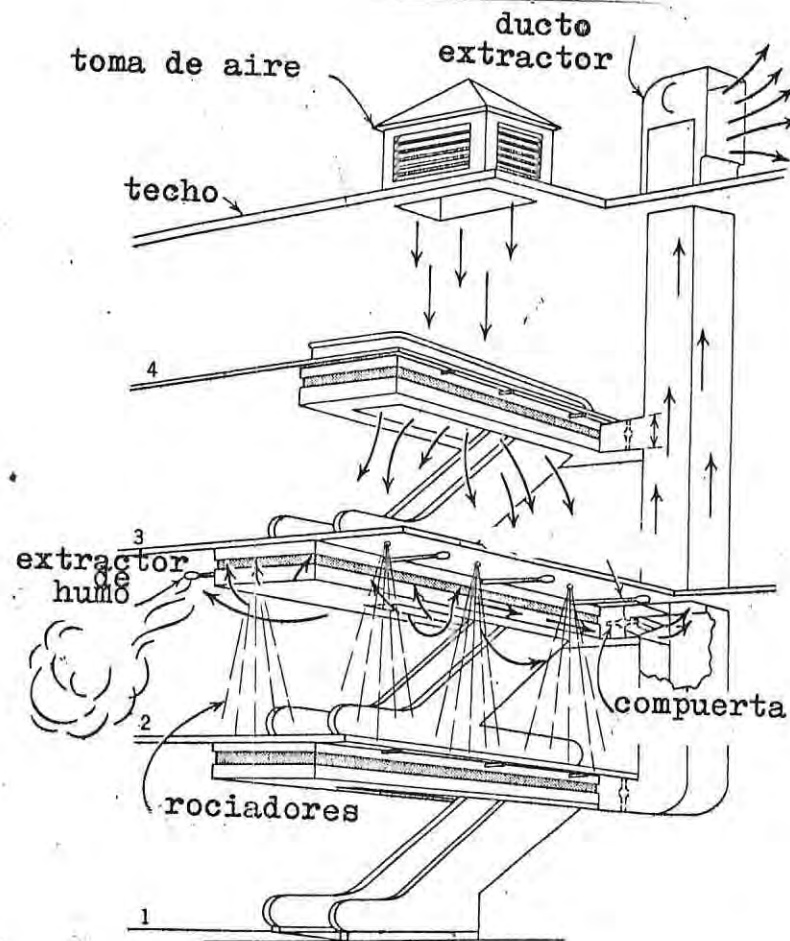


Fig. 814. Sistema de extracción del humo de espacios con escalas mecánicas.

839. DUCTOS DE VENTILACION: Un punto fácil de propagación vertical del fuego y humo es a través de shaf de ventilaciones. Norma española hace una proposición de diseño para ductos de ventilación de humo y área de seguridad, caja de escala y ascensor. Proporcionando una zona de exclusiva ventilada y aislada del piso a través de una puerta de incendio.

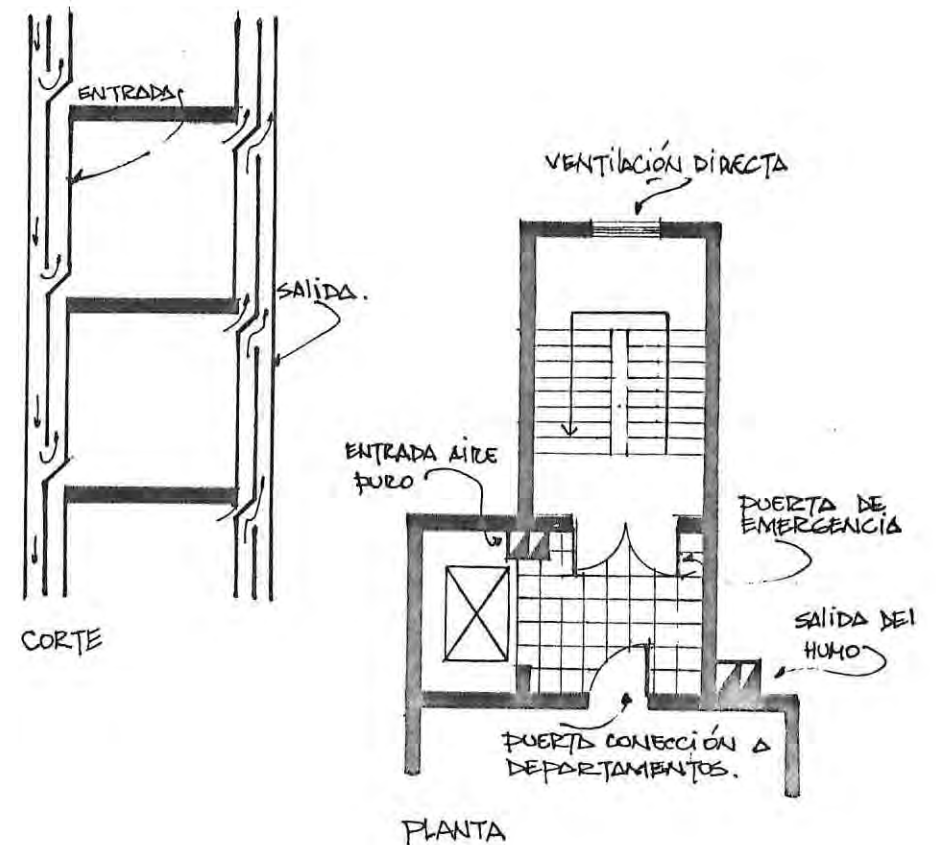


Fig. 815. Corte y planta, del ducto de ventilación y área de seguridad.

+ pag 89-90-91

## CAPITULO 9. ANALISIS DE LOS ANTECEDENTES.

91. GENERALIDAD: En este capítulo se analizan críticamente y comparativamente los antecedentes con el objeto de jerarquizar los factores que intervienen en la protección al fuego en edificios de altura.
92. FENOMENO DE LA COMBUSTION.
921. Constatación del fenómeno de la combustión a partir de los tres elementos primarios que intervienen.  
COMBUSTIBLE, OXIGENO y CALOR.
922. COMBUSTIBLE: Variable de manejo en el diseño debe ser considerada en su cantidad, distribución y propiedades pirogenas.
923. OXIGENO: La oxidación requisito para la combustión tiene en sí un sentido contraproducente. La escasez en el tiempo de incendio genera los mayores daños a la seguridad de vida (humo y gases tóxicos). Al proporcionarse en cantidad suficiente aumenta la velocidad de combustión, por tanto la severidad.
924. CALOR: Resultado de la reacción, aunque anterior a la combustión debe existir.  
- Precalentamiento del material.  
- Una temperatura de ignición.  
Un riguroso control sobre los combustibles baja temperatura de ignición son medidas preventivas eficientes.
925. En el diseño la ubicación de los servicios básicos de energía o de calentamiento completan medidas preventivas respecto a focos o puntos de origen del fuego.
926. La reacción de la combustión se puede detener:  
- Enfriando el combustible.  
- Dispersión del combustible.  
- Por consumo del oxígeno o combustible.  
- Inhibición química de la combustión.
93. CAUSAS Y ORIGEN DE LOS INCENDIOS.
931. Las estadísticas no registran un chequeo de las causas y orígenes de los incendios de edificios en altura; pero, en general, las causas pueden agruparse en tres conjuntos.
932. Recalentamiento de circuitos por sobrecarga del consumo, desperfecto inherente a las instalaciones eléctricas, gas e incineradores.
933. Descuido de los usuarios; cigarrillos, olvidos de calentadores encendidos, fuegos en lugares inapropiados, etc.  
La falta de una motivación y educación por parte de los usuarios de evitar catastrofes y pérdidas.
934. Combustión espontánea, chispas, cenizas, fricción por descuido o falta de precauciones en trabajos que requieren ciertas condiciones de seguridad.
94. DESARROLLO DEL FUEGO.
941. La enumeración de tantos factores que intervienen en el desarrollo del fuego, da lugar a la confusión por la incuantificación de los parámetros para poder determinar el curso del tiempo y las temperaturas. Se puede decir que cada incendio es único.  
Complementando con la información de los autores T. Z. Harmathy y I. G. Seigel, los parámetros

tros de mayor consideración en la severidad y tiempo son: contenido de carga combustible ( $\text{Kg}/\text{mt}^2$ ) y velocidad de combustión dependiente de las dimensiones de las aberturas. La clasificación de los periodos del incendio nos da las diferentes características del desarrollo del fuego y la estrategia a aplicar para contrarestar el fuego de acuerdo al periodo. *de incendio.*

942. Periodo de crecimiento es el momento de contrarestar el crecimiento del fuego y extinción de primera instancia. También el aviso a bomberos y evacuación debe realizarse en este período .
943. Cuando un incendio ha traspasado el flash e iniciado el período de combustión, lo más aconsejable a criterio de bomberos: dejar que el incendio siga su curso normal de combustión, bajo control en una área o compartimento delimitado.  
El control del fuego se consigue por la compartimentación, al limitarse lo expuesto, control del oxígeno y enfriamiento aplicado con agua en el momento mismo del incendio.
944. La importancia asignada a la carga combustible por la investigación, ( I. G. Seigel ) pone en evidencia que cualquier intento de protección al fuego debe considerar ; limitación de la carga combustible, combustibilidad de la misma, control de la ignición del combustible y las propiedades exotérmicas.  
A mayor cantidad de combustible; una mayor severidad. Ahora bien, para un edificio de altura ¿Cuál debe ser su carga combustible?  
En Chile no existen datos. En muestreos realizados en U.S.A. indican que las cargas son variables respecto al uso. Para un moderno edificio de oficinas las cargas son de  $20 \text{ Kg}/\text{mt}^2$  y en un 95% menos de  $60 \text{ Kg}/\text{mt}^2$ .

Sobrepasar el valor inicial de  $30 \text{ Kg}/\text{mt}^2$  las normas exigen mayores medidas de seguridad prevención y extinción para su habilitación.

95. PROPAGACION DEL FUEGO EN EDIFICIOS POR FACHADAS.
951. La configuración de las llamas en las ventanas es inevitable. Porque este es el punto donde ocurre la toma del oxígeno.  
Aceptando las temperaturas de la figura 45. como las probables a alcanzar en un incendio. Las aberturas deben ser tratadas con un criterio de barreras y contención a la propagación vertical y horizontal.
952. Es obvio que la propagación vertical piso a piso se ve acentuada por la proyección de las llamas y el calor. Una acertada solución son las mostradas en la Fig.49. Utilizar salientes y balcones, que además de mejorar el aspecto estético disminuyen la efectividad de la proyección del calor y llamas.
953. La propagación horizontal es de consideración especialmente en grandes aberturas, con separación mínima entre compartimentos.  
Las grandes aberturas aumentan la severidad del fuego y velocidad de combustión.  
Las aberturas deben ser racionales al uso del recinto y han de contrarestar la propagación a través de las aberturas o fachada.
96. PROPAGACION DEL FUEGO EN EL INTERIOR DEL EDIFICIO.
961. Las barreras al corazón del edificio son necesarias para la protección de las vidas y del edificio.  
Subdividir el riesgo en tres en tres zonas de compartimento, caja vertical de escala, pasillos horizontales y espacios habitables; con

*Y MUESTREO HECHO POR EL PROFESOR RODRIGUEZ  
54  $\text{Kg}/\text{mt}^2 = 243.583 \text{ Kcal}/\text{mt}^2$  83*

una resistencia mínima de 2 horas.  
Ya que, la propagación de llamas y humos a los pasillos horizontales y escalas. Es una causal de muerte y pánico por el bloqueo de las vías de escapes.

962. El avance de la arquitectura moderna ha permitido en los edificios de altura los más variados usos.

Grandes concentraciones de gente en pisos superiores pueden ser normales.

La imposibilidad de compartimentalización de los edificios implica la aplicación de principios de ventilación y medidas de mayor seguridad.

97. PROPAGACION DE UN EDIFICIO A OTRO.

971. La propagación por radiación es el riesgo de mayor consideración en el momento mismo del incendio por la posible propagación a los edificios vecinos.

Delimitar las distancia entre edificios y restricción del uso de materiales combustible en el exterior. Son funciones del gobierno local o municipalidad el fiscalizar el emplazamiento seguro de los edificios.

98. INCENDIO TORRE SANTA MARIA.

981. Es triste que las medidas paliativas se apliquen después que los hechos ocurran; pero este hecho dejó en evidencia que:

- a) En los edificios de altura los arquitectos no han delimitado el uso de los materiales combustibles.
- b) No hay claridad en un código respecto a las medidas de seguridad a seguirse en un incendio.
- c) El descuido y la despreocupación es la principal causal de los incendios.
- d) Las tácticas y equipos a emplearse en la extinción de los incendios en los edificios de altura no son los tradicionales.

- e) Tipologías de edificios con planta libre incurrir en una mayor concentración de carga combustible por piso.
- f) El rescate aéreo sigue siendo una vía de escape utilizable en algunos casos, pese a los riesgos.

99. ENSAYOS Y LOS MATERIALES.

991. La nueva norma reconoce el avance logrado por la investigación al exigir los ensayos de resistencia al fuego. Los requerimientos deberán ser aplicados a los productores de los materiales de construcción, a fin de: Completar los ensayos de las características pirogenas en miras de conformar un catastro. Patener así la información y aplicarla por norma en su limitación.

992. Los catálogos de la United State Gypsum U.S.A. Es un ejemplo del aporte de la industria por entregar sistemas comerciales con diseños aprobados de complejos constructivos resistentes al fuego.

Chile es un país rico en yacimientos se sulfatos de calcio. Este material de excelentes cualidades de resistencia al fuego debe ser aprovechado en sistemas combinados de perfiles metálicos y madera.

La confección de catálogos adoptados a nuestros medios, dan a los proyectistas la información de cualidades de resistencia al fuego y la referencia para su aprobación.

993. Sellos de garantía y tipologías de complejos resistentes al fuego deben ser entregados por los fabricantes para referencia y tramitación en direcciones de obra.

910. CURVA DE INCENDIO.

9101. Aunque la actual curva no representa las condiciones reales de un incendio, su aplica-

ción está vigente mientras no se introduzca otra en su reemplazo. Se deben dar alternativas a la innovación y la investigación, como por ejemplo, considerar diferentes zonas de severidad según ubicación de los elementos, sea interior o exterior.

911. MATERIALES USADOS EN LAS EXTRUCTURAS DE LOS EDIFICIOS DE ALTURA.

9111. Gran parte de la información está referida al acero, por ser este material de generalizado uso en los países industrializados y motivo de investigación constante.

Su alto valor de conductabilidad térmica implica su uso en combinación con materiales de protección al fuego.

9112. Hormigón armado, principal material, utilizado en las extructuras en edificios de altura en Chile. Con excelentes cualidades de resistencia al fuego, baja conductabilidad y difusión térmica. Se le debe proporcionar suficiente recubrimiento a la barras de acero; su resistencia se ve favorecida por exigencias de recubrimiento por corrosión.

9113. Los mayores riesgos en la estructuras de hormigón son por concepto del tipo estructural seleccionado; en que hay grandes áreas sin un tratamiento de barreras entre compartimentos, pasillos horizontales y cajas de escalas verticales. El fuego ataca a todo el piso al no limitarse la propagación del fuego.

9114. En la norma, no hay referencia a la resistencia por zonas de seguridad en un mismo piso.

9115. La necesidad de incluir en los planes de estudio de las escuelas de ingeniería, la asignatura cálculo de resistencia al fuego. Abriera más el conocimiento a las innovaciones,

investigación y adecuación de tecnologías.

912. NORMAS DE SEGURIDAD DE VIDA.

9121. Las normas de seguridad son el reflejo de la preocupación de la sociedad por los estándares que merecen los usuarios. Los objetivos de las normas de seguridad de vida en caso de incendio son:

- a) Protección al fuego, humo y gases.
- b) Proporcionar vías de evacuación protegidas del humo, fuego y gases.
- c) Motivar la evacuación a través de alarma. Estos enunciados deben ser apoyados con procedimientos constructivos específicos y medidas dirigidas a la prevención del fuego.

9122. Los expertos concuerdan en que los mayores peligros para la vida humana son los productos de la combustión, tales como, el humo y gases. La primera opción en la seguridad de vida es proteger al usuario, conteniendo el fuego en el recinto en que se originó el fuego; proporcionar barreras al humo y gases; delimitar el área a quemarse; proporcionar como mínimo una vía protegida de evacuación; motivar la evacuación y diseñar las vías con direccionalidad o sentido de evacuación.

913. VIAS DE EVACUACION.

9131. Al mencionar "vías protegidas" éstas deben incluir la protección y resistencia al fuego de los componentes horizontales y verticales. La zona vertical de seguridad debe cumplir en los siguientes aspectos:

- a) Nº de escapes de acuerdo a la carga de uso
- b) Capacidad para albergar a todos los usuarios en el tiempo de la evacuación con anchos, peldaños, contrahuellas y barandas adecuados. Para gente en estado de pánico.
- c) Proporcionar luces de emergencia.

- d) Proporcionar ventilación (según sea el caso natural o forzada).
- e) Distancias mínimas al acceso de los escapes verticales.
- f) Puertas resistentes al fuego de una hora de resistencia al fuego y cierre automático.
- g) Descarga directa al exterior.
- h) Señalización indicativa de la ubicación de estas vías y el sentido direccional.

9132. Los ascensores son un punto potencial de pérdidas de vidas. Estos por ningún motivo deben ser utilizados como vías de evacuación, solo, tener uso restringido de bomberos y permanecer detenidos en el primer piso.

914. CLASIFICACION DEL NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION.

9141. La existencia de organismos del rango del N.F.P.A. Dan a un país la promoción y divulgación, a cerca de los peligros del fuego. La clasificación que entrega este organismo es un enfoque global de los factores que intervienen en una política de protección al fuego de personas y edificios.

9142. Clasificación por ocupación es una variable que se introduce a la norma por la actividad o uso en el edificio. Cada actividad requiere condiciones especiales de seguridad. Ya sea por el número de personas concentradas, impedimentos y otros. Esta clasificación lleva a los expertos a proponer grados de resistencia en horas para cada uso, N° de escapes requeridos y metros cuadrados permitidos por personas, a fin de no exceder el N° de personas.

9143. Clasificación por contenido evalúa la carga de incendio contenida en los edificios. Esta carga es variable según el uso y se cla-

sifican en; Altamente peligrosos, moderadamente peligroso y menos peligrosos.

Los edificios de alturas se clasifican dentro de los últimos y las cargas de incendio se mueven en los rangos de;

- Carga alta	60 Kg/mt <sup>2</sup> .
- Carga moderada	30 "
- Carga baja	15 "

9144. Clasificación por construcción está dirigida a la incombustibilidad y resistencia al fuego de los edificios. Procedimientos ensayos, materiales, etc. Con el objeto de conseguir la integridad de la estructura en el tiempo de incendio.

9145. Clasificación por localización evalúa los peligros de propagación del fuego por radiación a los edificios vecinos. Accesibilidad a bomberos y el apoyo de las redes de agua. Esta variable es importante en la delimitación de áreas urbanas del peligro de fuego. Estos elementos deben ser proporcionados en la planificación de nuestras ciudades.

915 DEFINICION DE EDIFICIO DE ALTURA.

9151. En Chile la norma considera edificios de altura a los de más de 7 pisos (18 mt.). En U.S.A, los de más de 22.85mt, con cuerdan con lo propuesto por el congreso de seguridad de Virginia.

- a) Estan fuera del alcance de equipos de bomberos.
- b) El efecto de chimenea es preponderante.
- c) Requieren de un tiempo imponderable de evacuación.

916. ESTRATEGIAS.

9161. Que elementos o acción a seguir aplicables a los enunciados anteriores para contrarestar-

los.

- a) Incluir equipos de extinción dentro del edificio para bomberos. Equipos automáticos de extinción que actúen a instancia de cualquier foco en el periodo de crecimiento del fuego. Medidas de diseños aleatorias a confinar el fuego en compartimentos subdividiendo el riesgo.
- b) Un diseño, preocupado de evitar el efecto chimenea, en el exterior e interior, con un diseño de fachadas apropiado para evitar el efecto de la proyección de las llamas y calor.
- c) Sistemas de detección y alarma que agilicen la evacuación. Aviso directo a central de bomberos para una rápida acción de extinción.

#### 917. NORMA CHILENA Y DE U.S.A.

- 9171. Comparativamente la norma de U.S.A. es más completa y extensa, pero la diferencia radical está en que, la acción de extinción en los edificios de altura en U.S.A. se inician en el momento mismo de la alarma. Sistemas automáticos, directos de agua sobre el área afectada por el fuego son exigidos en edificios de altura. Este sistema de sprinkler o rociadores son elementos contundentes en la seguridad del edificio y de personas.
- 9172. La norma chilena no induce a una compartimentación de las áreas de seguridad horizontal.
- 9173. No hay medidas tendientes a limitar la carga combustible en los edificios, por tanto, tenemos medidas relativas a la protección, pero persiste la severidad del fuego.

La elaboración de tablas de superficie, permitidos por personas, son medidas dirigidas a la seguridad de vida para exigir N° de escapes y anchos de vías adecuados; sobretodo, en proyectos en que se entrega una planta libre.

- 9174. Los expertos en seguridad concuerdan en que para cada uso hay condiciones de seguridad especiales que deben adoptarse, ya sea vivienda, oficina, reunión, etc.
- 9175. En la norma chilena no hay una claridad respecto a la función y uso de los ascensores en tiempo de incendio.
- 9176. Entre las dos normas, es evidente que en la norma chilena hay un mayor riesgo de pérdidas de vidas. La polemica es dirigible hacia el punto.  
¿Chile un país subdesarrollado debe tener un nivel de pérdidas mayor? o plantearse, ¿si Chile tiene la capacidad técnica para producir un edificio de altura, este debe brindar el máximo de seguridad.
- 918. SISTEMAS DE PREVENCIÓN.
- 9181. En Chile los medios de prevención empleados en edificios de altura son red seca y en algunos casos red húmeda. En la mayoría de los casos como sistema único o complementario, extinguidores manuales. Con excepción del edificio Santa María que cuenta con un sistema de detección, el uso de sistemas sofisticados (ahora exigidos por la norma) de detección, alarma y preventivos. requieren de una planificación cuidadosa de como van a operar. Gente entrenada y capacitada debe emplearse para la atención del panel central o control.
- 9182. La norma chilena exige elementos detectores y

alarma; pero la extinción de primera instancia, queda en la responsabilidad del usuario o brigada. Sin apoyo directo de sistemas automáticos de extinción. Esta constatación pone de manifiesto que la primera medida preventiva es el usuario.

¿Pero donde y cuando se realizan campañas masivas de educación, entrenamiento de los usuarios en extinción y evacuación?

Acallada por el tiempo, la tragedia de la torre se olvida, vuelve la apatía del usuario. Tal vez la única medida segura es integrar medidas preventivas de sistemas automáticos de extinción

9183. La relación entre instalación eléctrica y causa del fuego, así como problemas relativos a la seguridad en energía eléctrica de emergencia, (luces emergencia, ventilación forzada, señalización, alarma, movimiento de ascensores y otros), implican la adopción de procedimientos que recogan la seguridad de vida y la protección del edificio. La necesidad de divulgar información técnica a los proyectistas, referidas al diseño de redes eléctricas y en combinación con los sistemas preventivos.

9184. Aire acondicionado es una de las instalaciones que aparece involucrada en la muerte de los ocupantes, como en el caso del incendio del hotel M.G.M. de las Vegas. Detección de humo en los ductos y control del sistema de aire acondicionado por bomberos se exige por norma. El planteo de barreras al fuego y humo son necesarios para evitar la propagación a otros recintos.

9185. Luces de emergencia para el apoyo de la evacuación y trabajo de bomberos deben ser proporcionadas.

9186. Red seca es el único elemento de extinción en el edificio para bomberos. Ellos recomiendan su localización cerca de las escalas de servicio normal. Pero analizando edificios de altura es frecuente encontrar una caja de ascensores y otra escala de seguridad. Por esta última debe realizarse la evacuación y movimiento de bomberos.

9187. Red húmeda este es el punto de mayor diferencia con los requerimientos de las normas. En Chile la capacidad de respuesta queda al usuario en el uso de la red húmeda o extinguidores manuales.

## CAPITULO 10. CONCLUSIONES.

101. CONCLUSIONES GENERALES: Estas se desprenden del análisis y tienen un caracter general o de politicas a seguir para implementar la norma.  
La norma debe ser reestudiada en los siguientes aspectos.
1011. Ampliación de los usos de ocupación y determinar  $Mt^2$  permitidos por personas en cada actividad. Para, así, proveer suficientes escapes en posibles concentraciones.
1012. En complemento al enunciado anterior determinar el grado de resistencia para cada uso individual.
1013. Inducir a una área mínima de compartimentación.
1014. Compartimentalización de tres zonas de seguridad (escapes horizontales, vertical y compartimentos), con un mínimo de 2 horas de resistencia al fuego.
- 1015 La penetración de cualquier muro o paso a través de estas zonas debe ser reemplazada por una barrera o puerta de 1 hora de resistencia al fuego.
1015. En Chile se podría delimitar la carga combustible para los edificios de altura, entre los rangos de 15 a 30 Kg/ $mt^2$  y prohibición de usar materiales combustibles de alta velocidad propagación de llama.
1017. Sobrepasar una carga combustible sobre 60 Kg/ $mt^2$ , implica el uso de sistemas automáticos de extinción.
1018. Todos los edificios de altura deberían consultar un helipuerto y refugio accesible y aislado del resto del edificio como alternativa. en caso de imposibilidad de evacuación por aire o escalas.
102. Es necesario, como medida de caracter nacional, obtener las características pirogenas de los productos usados en la construcción en Chile. Someterlos a ensayos básicos de propagación de las llamas, resistencia al fuego, para regular su uso de acuerdo a sus características.
103. La confección de catálogos de complejos constructivos con distintas horas de resistencia al fuego, para el uso de proyectistas y referencia de certificados.
104. La promoción o propaganda comercial de los productos de construcción deberían indicar el certificado de sus características de resistencia al fuego, densidad de humo y combustibilidad.
105. Confección a nivel urbano de un plano de catastro con las características de combustibilidad por sectores. A fin de determinar, barreras a la propagación por radiación y la distancia segura entre edificios.
106. Confección de un manual práctico para los usuarios, en que se expliquen las pautas de conductas, procedimientos a seguir y el uso de algunos servicios, como ascensores durante el incendio; campañas públicas de educación y prevención de los incendios.
107. Formular planes prácticos de evacuación y prevención para cada edificio en particular.

108. Someter los anteproyectos a calificación de expertos en seguridad, con el fin de analizar los requerimientos relativos a la protección al fuego.
109. METODO O ETAPAS A SEGUIR EN EL DISEÑO.
1091. Determinación de los materiales de la estructura y tipo estructural.
- La elección debe ir dirigida garantizar la integridad de la estructura y una real resistencia al fuego.
  - Control de la propagación.
  - Limitación de las áreas expuestas.
  - Demarcación de las tres zonas de seguridad.
1092. Carga combustible: delimitar el contenido combustible y severidad del fuego.
- Selección de materiales con baja propagación de llama y combustibilidad en terminaciones.
  - Alhajamiento de bajo contenido combustible.
  - Limitar lo expuesto.
1093. *Uso o destino de las zonas de seguridad (aislar)*  
 Uso o destino arquitectónico: determinar las cargas de uso o personas por piso.
- Preveer las condiciones de seguridad por separado, si hay diversidad de usos.
  - Determinar el Nº de escapes verticales.
1094. Escapes: definir las características y diseño de las zonas de seguridad horizontal y vertical de acuerdo.
- A un sentido direccional de evacuación.
- Nº de acuerdo a la carga de uso.
  - Capacidad y ancho de acuerdo a las cargas de uso.
  - Protección a las llamas, humo y gases.
  - Puertas resistentes al fuego y cerrado automático.
  - Dimensión de peldaños y contrahuellas de acuerdo a la norma.
  - Señalización y luces de emergencia.
  - Sistemas de ventilación forzados.
1095. Control de la propagación del fuego, humo y gases.
- Compartimentalización: subdividir el riesgo en compartimentos a modo de barreras, de dimensiones racionales de acuerdo al uso del espacio para aislar el fuego en el lugar de origen. Cuando el sistema constructivo permite grandes áreas son necesarios muros cortafuegos.
  - Diseño de fachadas y aberturas que aseguren la no propagación horizontal o vertical
  - Determinación de un ancho seguro entre ventanas para evitar la propagación horizontal.
  - Uso de balcones y salientes para disminuir la proyección de las llamas y calor.
  - Detalles constructivos que aseguren aislación al fuego, humo y gases entre las distintas zonas de seguridad, compartimentos, ductos, ventilación y aire acondicionado.
1096. Protección de los servicios del edificio.
- Instalaciones eléctricas y gas de acuerdo a las normas de instalación de los organismos

pertinentes.

- b) Control del humo en sistemas de ventilación y aire acondicionado.
- c) Diseño de los ascensores como vía de tránsito, pero no de evacuación. Determinar el rol en las emergencias.
- e) Atención a medidas de prevención en incineradores, motores y calderas.

1097. Prevención, extinción y seguridad.

- a) Sistemas básicos de detección en aire acondicionado, bodegas de combustibles, calderas y compartimentos.
- b) Alarma de alerta para evacuación a los usuarios y aviso automático a bomberos.
  - Tipo de alarma.
  - Ubicación en el piso.
  - Activación; manual, detección, etc.
  - Energía de emergencia.
- c) Sistema de red húmeda y cajas de incendio de primera intervención.
  - Ubicación en el piso.
  - Largo de manguera apropiado.
  - Complementación con equipos manuales.
- d) Sistemas de red seca.
  - Ubicación en el piso.
  - Accesibilidad al punto alimentación de la red.

1098. Emplazamiento: relación a líneas de propiedad y edificios vecinos.

- a) Alimentación a la red de agua de la ciudad.
- b) Acercamiento de bomberos y ambulancias.

## CAPITULO 11. ANALISIS DE UN CASO DE ESTUDIO.

111. CRITERIO DE SELECCION: La selección del edificio "Los Héroes" de Valparaiso como caso de estudio obedece a que este:

- 1) Cuenta con más de 7 pisos, que es límite de la nueva norma para disponer de la zona vertical de seguridad.
- 2) Tiene "Muro Cortina" de cristales y este tipo constructivo presenta problemas especiales al efecto del fuego.
- 3) Como aún, esta en la etapa de terminaciones es de fácil acceso a todos los pisos ya que los usuarios se encuentran ausentes.
- 4) Por ser un edificio moderno y de construcción reciente, y
- 5) Ubicado en la región.

112. ANTECEDENTES:

- Número de niveles: 12 pisos.
- Usos:
  - 1 y 2 piso, Locales comerciales y oficinas.
  - 3 y 4 piso, Estacionamientos.
  - 5 al 12 piso, Oficinas.
- Carga de uso: 15 a 25 personas por piso.
- Ubicación en la estructura urbana.  
(Fig.111.)
- Ubicación respecto a las líneas de propiedad.  
(Fig.112.)

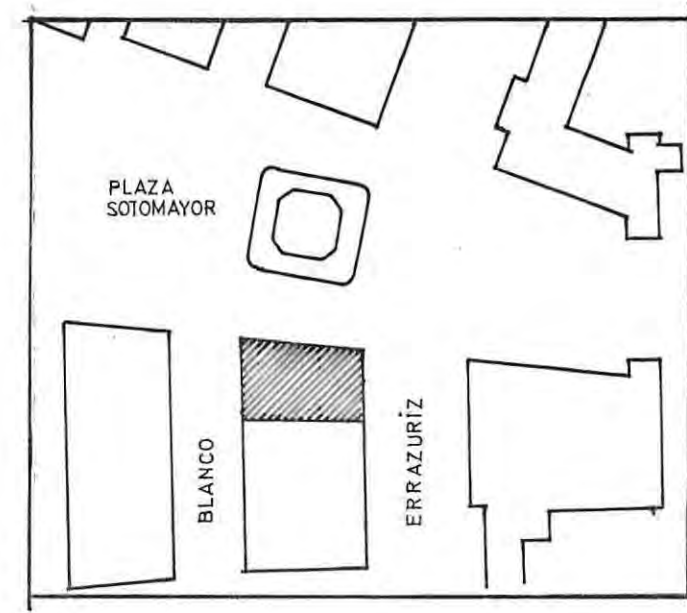


Fig.111. Ubicación del edificio respecto a la estructura urbana.

- Tipo constructivo: Estructura de hormigón armado con tabiques de ladrillos como cortafuego.  
Fachada de "Muro Cortina" de cristales, con ventanas abatibles, cuenta con ventilación a través del muro cortina.
- Terminaciones en compartimentos del 5 al 12 piso.
  - Pisos: Alfombra sintéticas.
  - Revestimientos: Enchapes de madera y plástico.

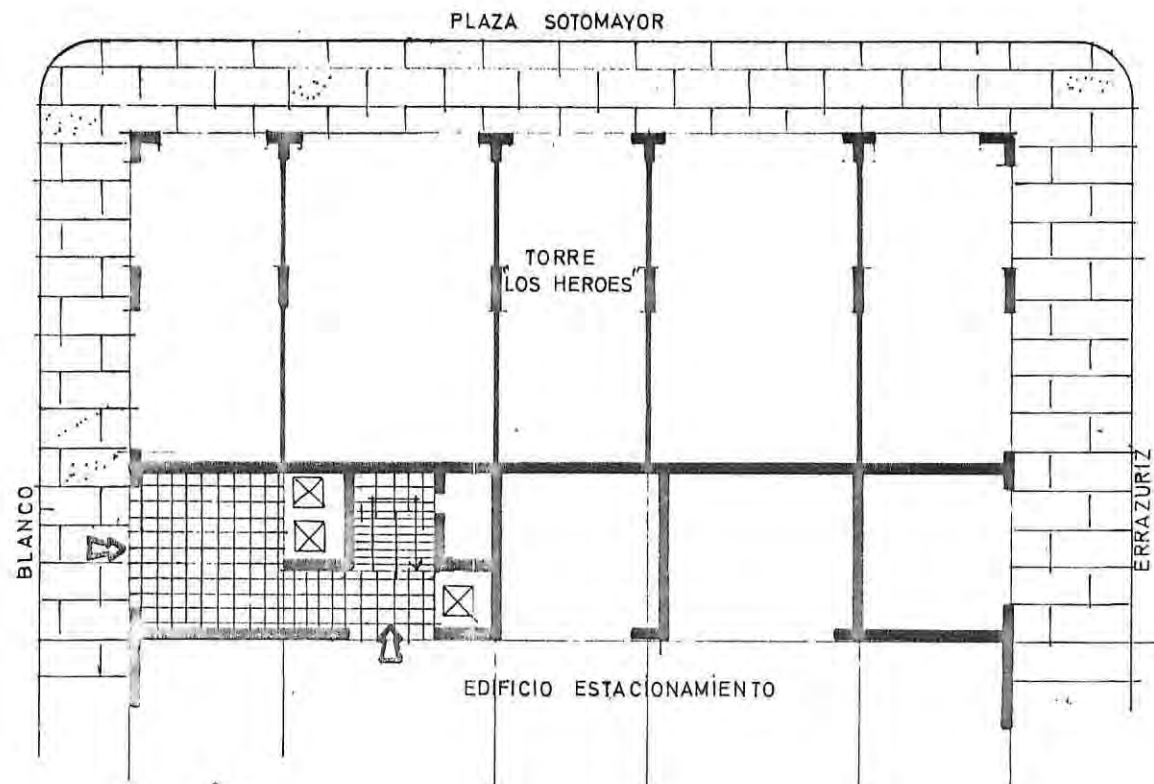
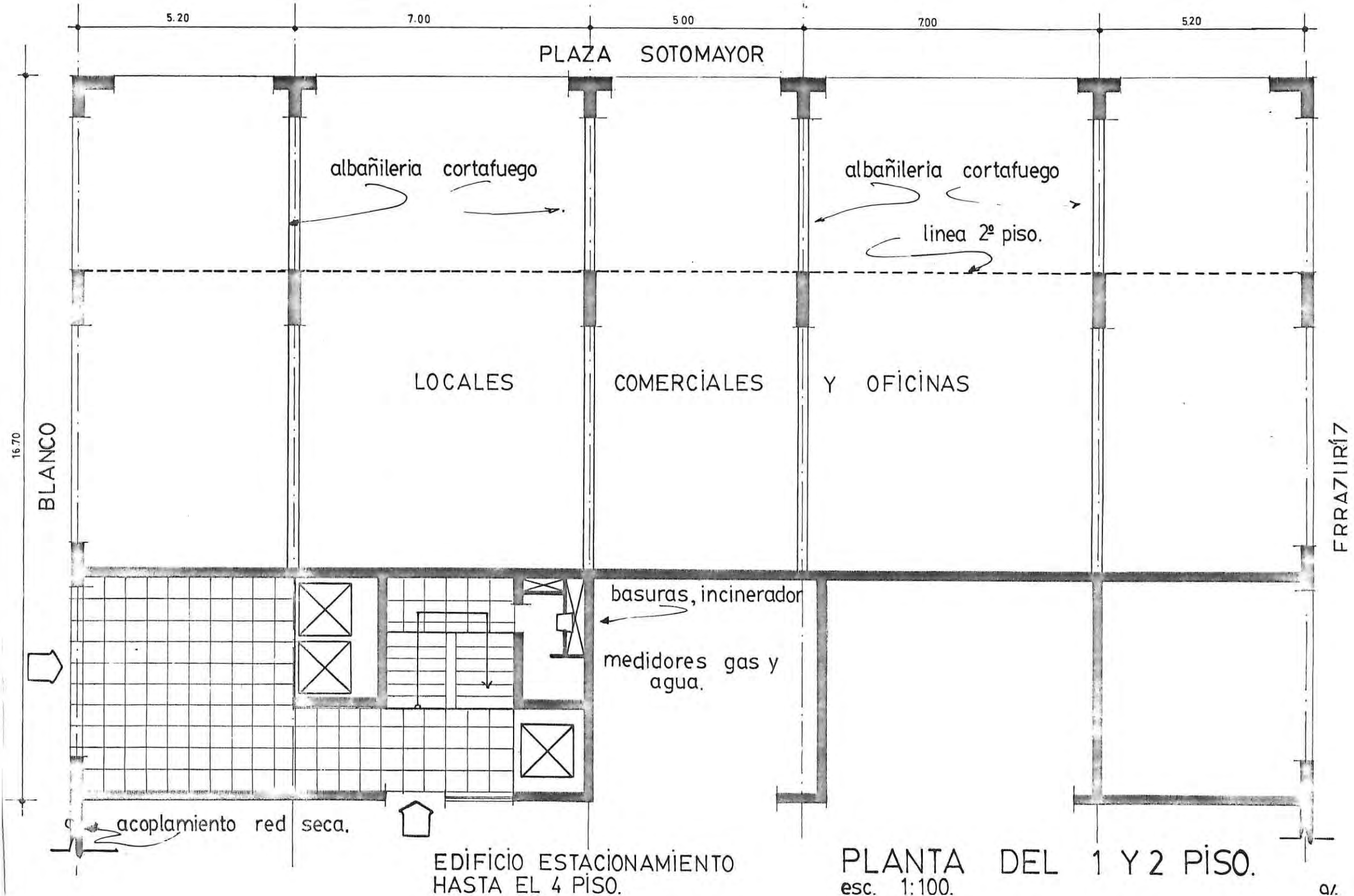
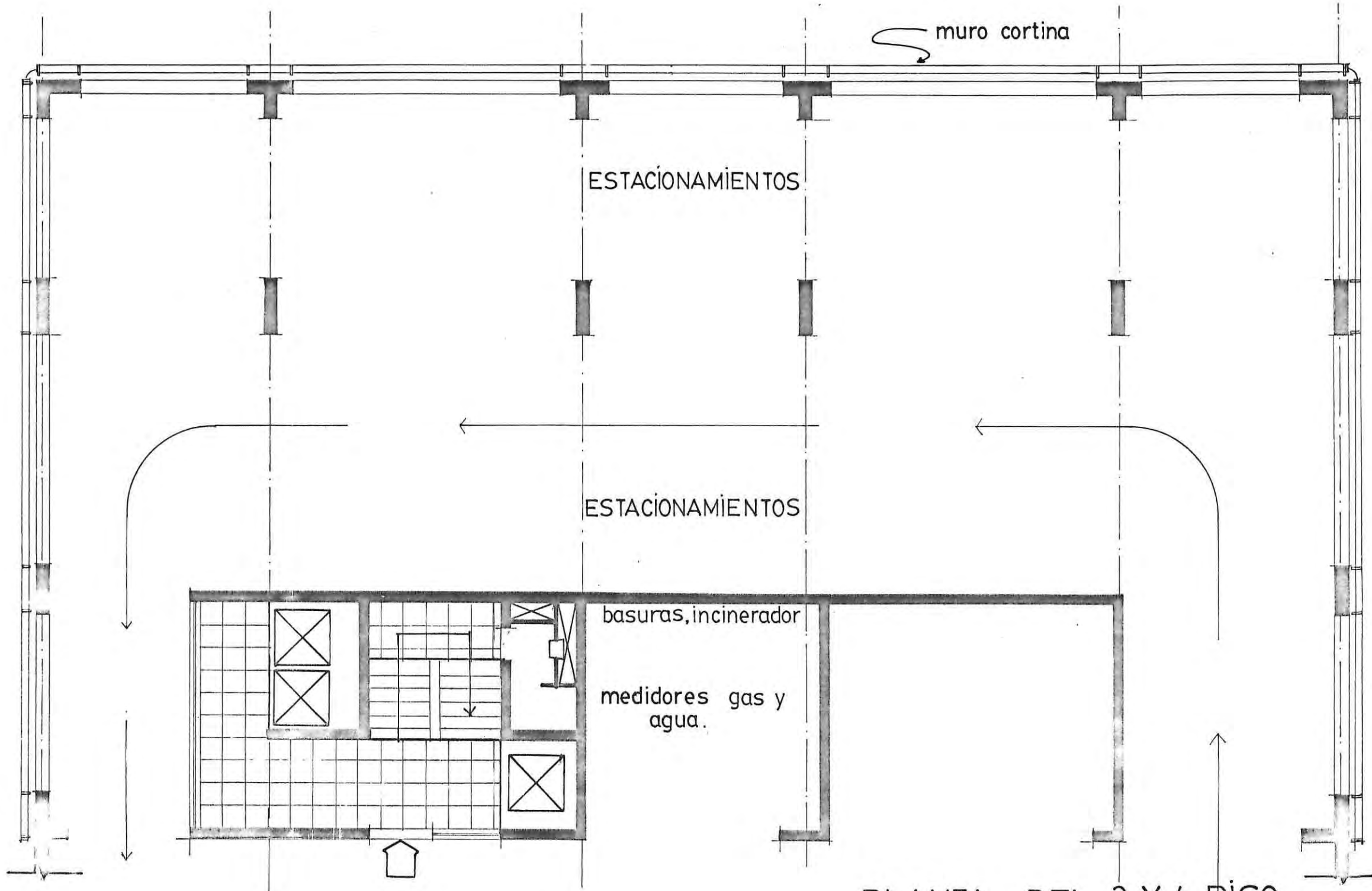


Fig.112. Emplazamiento respecto a las líneas de propiedad.

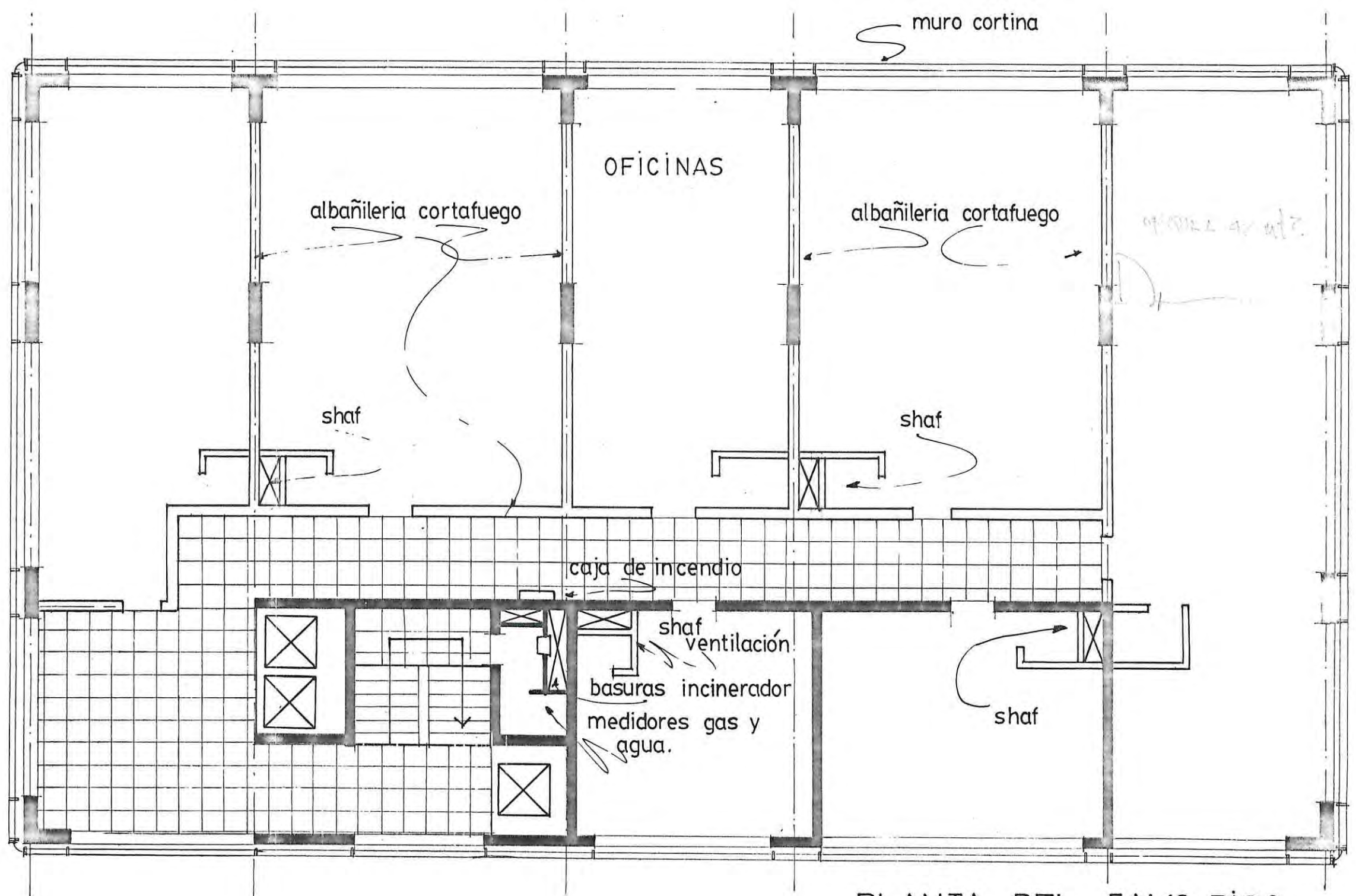
- Cielos: Algunos pisos con cielo falso de material plástico, otros en estuco de yeso.
- Tabiquería: Madera en la estructura y revestimiento de madera aglomerada.
- Terminaciones estacionamiento.
- Estructura: Hormigón armado a la vista.
- Aberturas: Muro cortina.

- Terminaciones corredor y escala.
- Pisos: Cerámicos.
- Muros y cielo: Enlucidos de yeso.
- Puertas: Madera (Terciados).
- Cargas de incendio.
- Oficinas del 5 al 12 piso;  
Carga moderada: 30 Kg/Mt<sup>2</sup>, aproximado.
- Corredor y cajas de escalas  
Carga: 0 Kg/Mt<sup>2</sup>.
- Estacionamiento 3 y 4 piso.  
Carga: 0 Kg/Mt<sup>2</sup>.
- Elementos de seguridad.  
Cajas de incendios una por piso,  
con: Red húmeda 1" o .  
Red seca 3" o .
- Alimentación red húmeda del estanque superior para un tiempo de 20 minutos.
- Aún faltan las mangueras y extinguidores manuales.
- Ingreso red seca por Blanco costado lateral acceso principal (ver planos).
- Salidas red seca y húmeda en corredor.
- Número de accesos:  
1 Principal nivel de calle.  
4 Secundarios por estacionamiento.
- Ascensores: 3 ascensores, sin prupo generador de emergencia.
- Instalaciones: gas, luz y agua. En compartimento lateral a caja de escalas.
- No existen luces de emergencia alarmas o sistemas de detección.
- Planos.

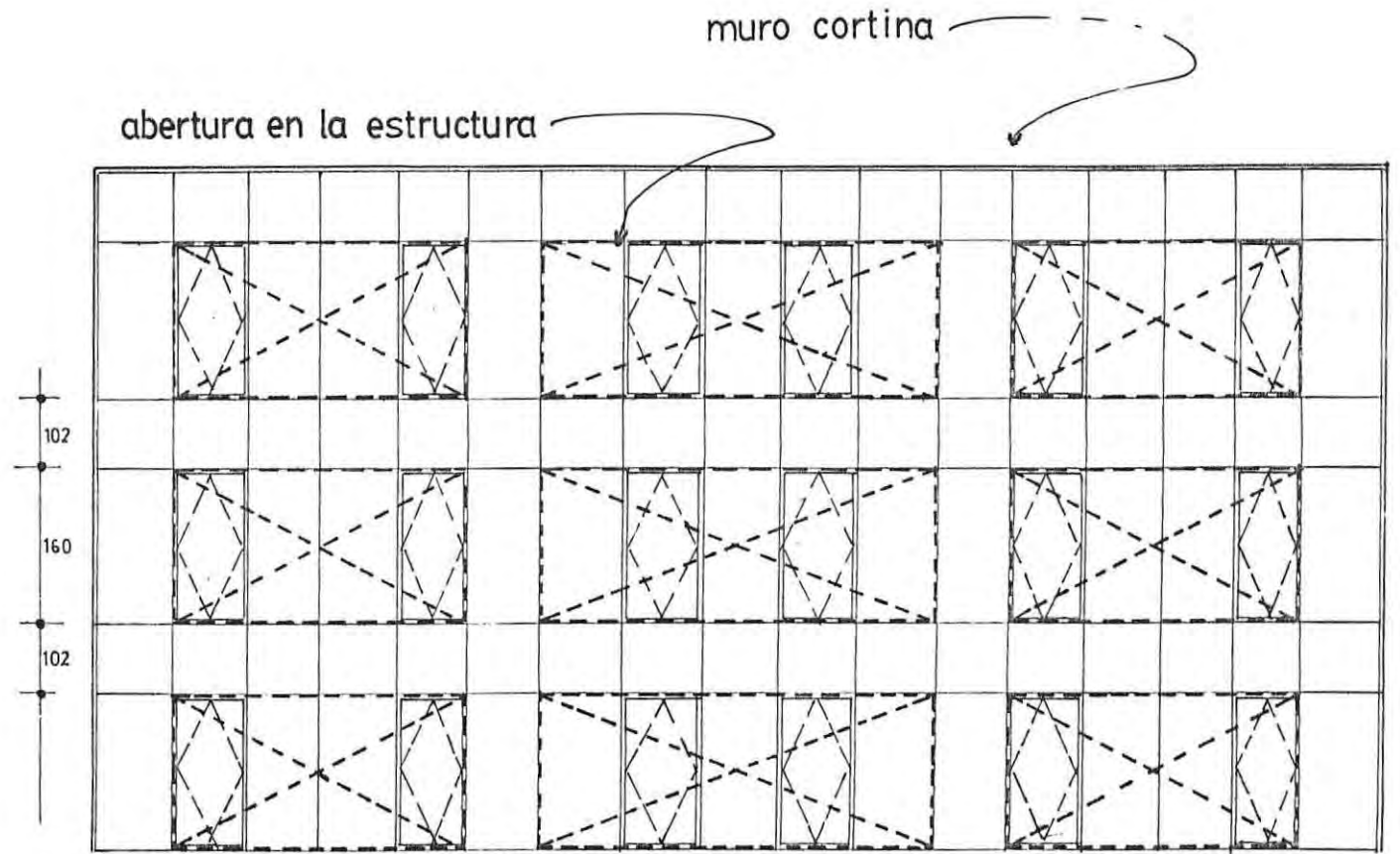
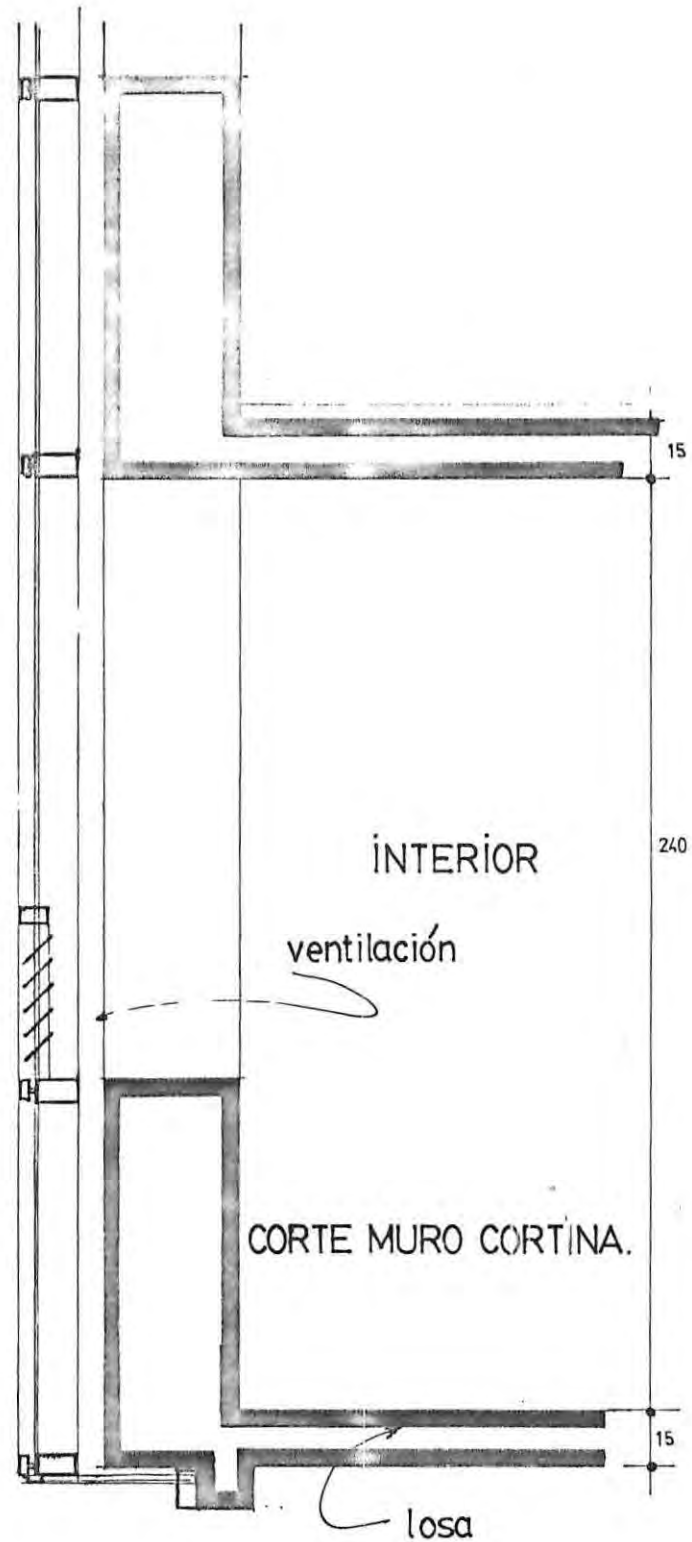




PLANTA DEL 3 Y 4 PISO.  
esc. 1:100.

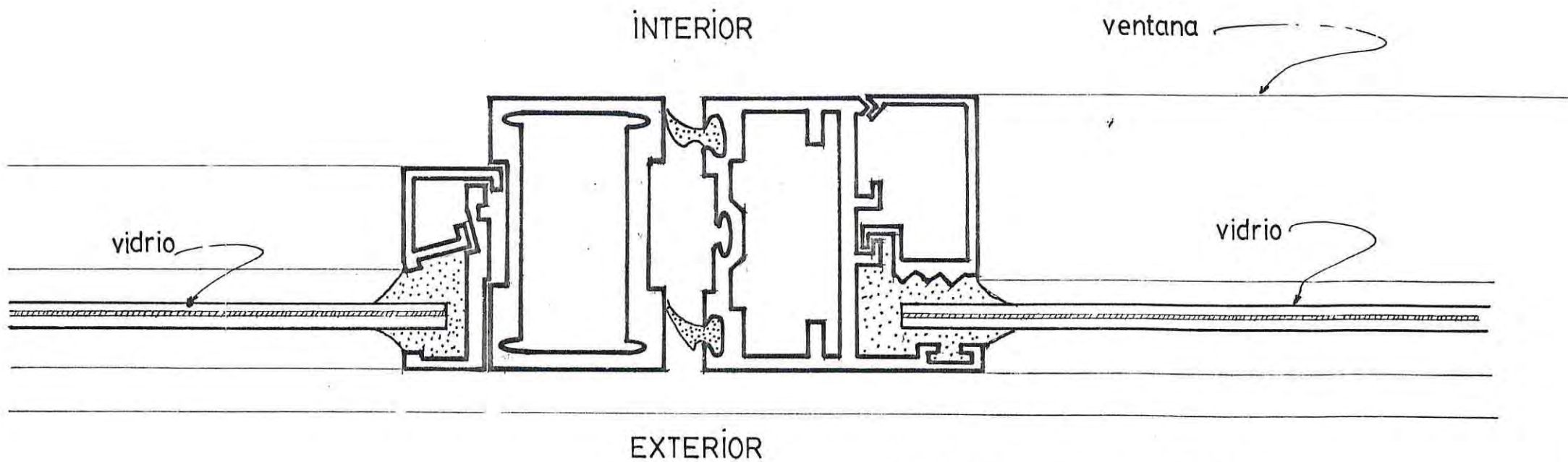
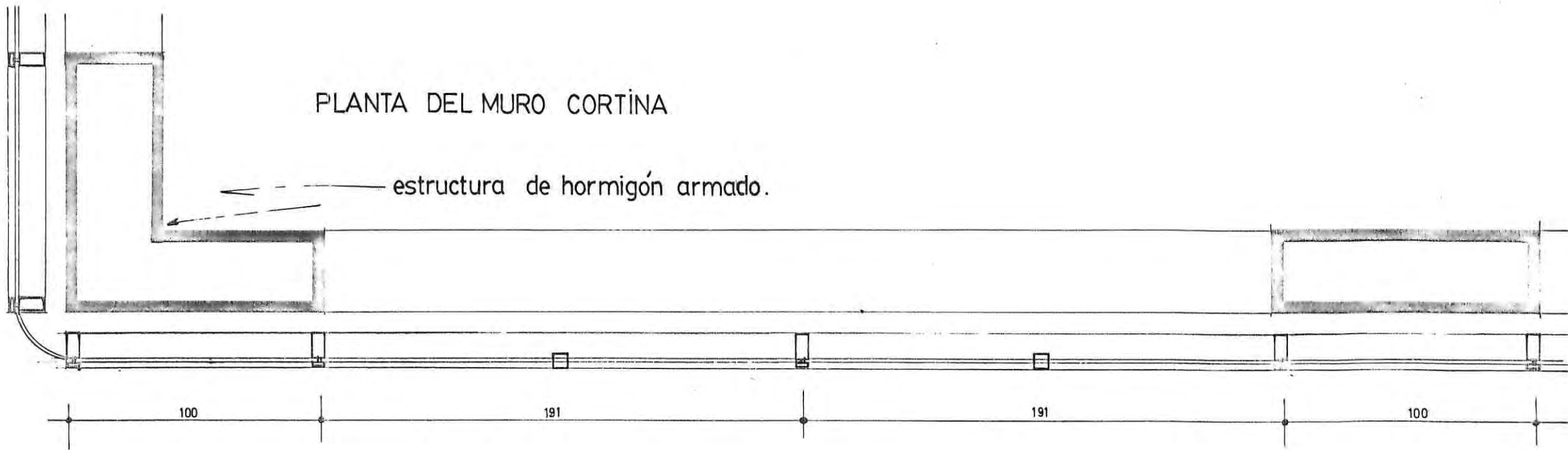


PLANTA DEL 5 Y 12 PISO.  
 esc. 1:100.

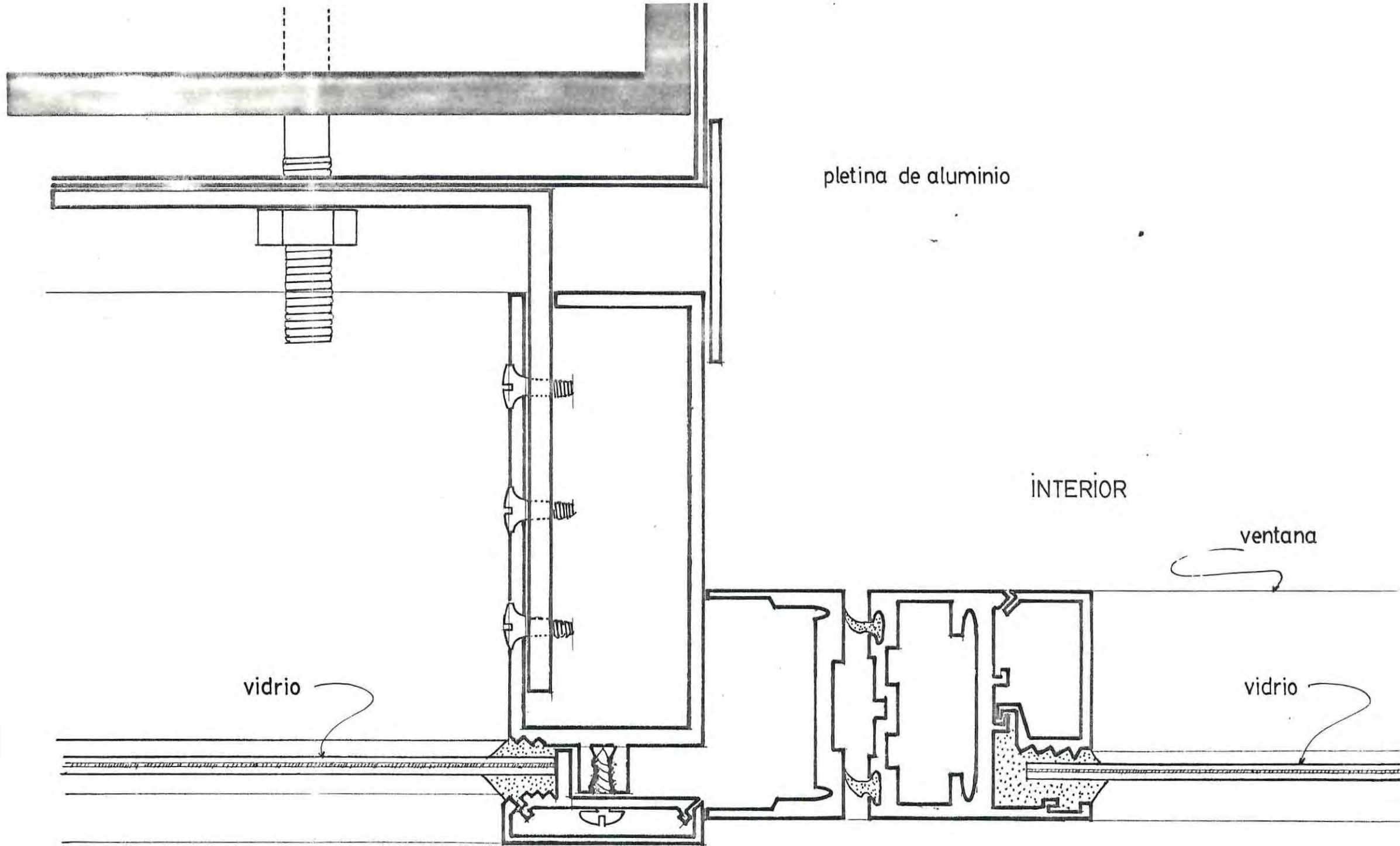


SECCION DE LA FACHADA

CORTE Y ELEVACION MURO CORTINA.



DETALLE VENTANA.



DETALLE UNIÓN MURO CORTINA.

113. ANALISIS DEL CASO DE ESTUDIO: Aquí se confrontará la información recopilada analizando el posible desarrollo de un fuego y propagación en el edificio.

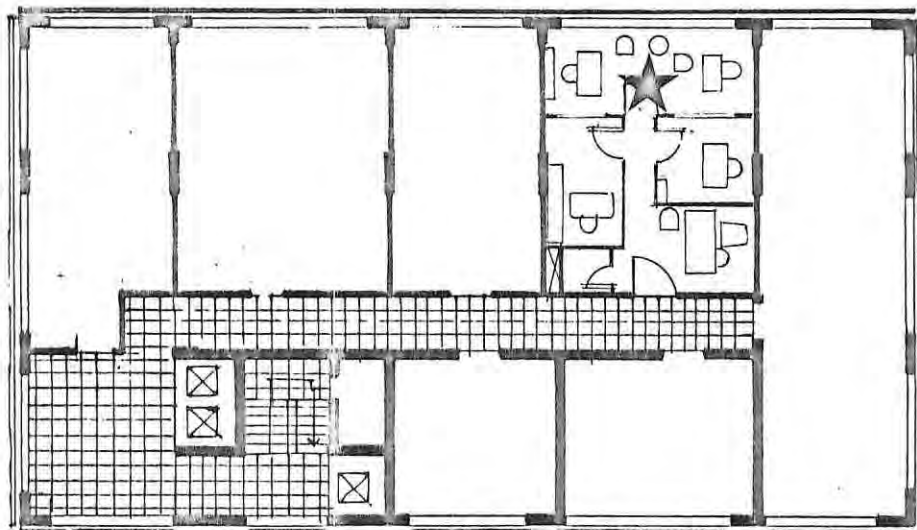


Fig.113. Planta del 8º piso, lugar de origen del fuego.

1131. ORIGEN DEL FUEGO: Supongamos que en el compartimento señalado con la estrella (Fig.113). A las 13.00 Hrs. al término de la jornada de la mañana, una de las secretarias, dejó encendida la estufa a gas, demasiado próxima a una de las sillas de madera con forros de textil. Al trascurso de un tiempo la intensidad de radiación emanada de la estufa, alcanzó la temperatura de ignición de la madera a los 250 C. (Intensidad crítica por radiación para la madera 0,7 Kcal/cm<sup>2</sup>.seg ).

Iniciada la combustión, la propagación del calor en el cuarto será por convección y radiación principalmente y con una rápida propagación de la llama sobre la superficie de la silla.

Este periodo de crecimiento se mantendrá con la subida lenta de la temperatura y el flash o tiempo a que ocurra dependerá del espaciamiento de los materiales combustibles y tamaño.

Hasta este momento puede existir la intervención humana de extinción o que la distancia a los otros combustible, impida su propagación auto extinguiéndose, lo que es bastante improbable, ya que esta segunda fuente de calor junto con la estufa favorecen el ascenso de la temperatura, llevando a los otros materiales alcanzar la temperatura de ignición. Da paso al flash en que todo el recinto se verá envuelto en llamas.

Por las características de la carga combustible (alfombras, enchapes de madera, acrílicos y alhajamientos). El curso de las temperaturas y tiempo serán como los indicados en los gráficos 33 y 34, para una carga moderada de 30 Kg/Mt<sup>2</sup>.

Previo al instante del flash la acumulación de calor y gases, harán explotar los vidrios de las ventanas, así obtendrá el oxígeno necesario para comenzar el periodo de combustión total del recinto.

A las 13,15 Hrs. fácilmente alcanzará los 1.100 C. en el recinto, favorecen la severidad las grandes aberturas que dan como resultado un fuego de ventilación controlada por las aberturas.

La proyección de las llamas al salir del recinto en fuego romperán los vidrios del piso superior, facilitando la propagación vertical por las ventanas, donde alcanza temperaturas del orden de los 700 a 950 C. (Fig.114.)

Por la cavidad entre la estructura de la fachada y muro cortina se escurrirán las llamas,

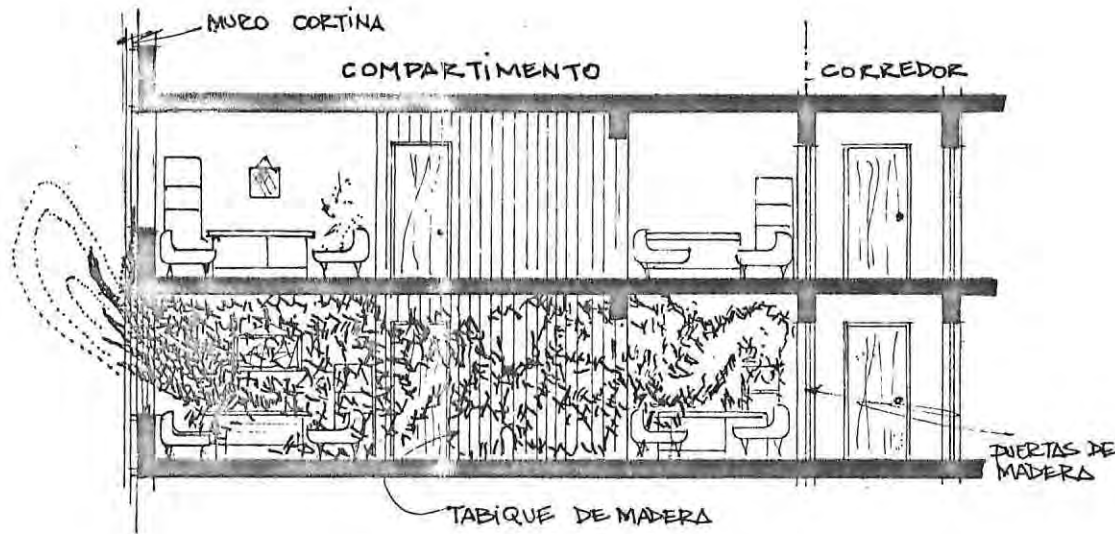


Fig.114. Proyección de las llamas en el perfil de la ventana.

gases y humo. Atraídos por el efecto de chimenea que se produce por el tiraje, llegando a los compartimentos superiores (fig.115.). Los tiempos de duración probables estarán en función, de la propagación a otros compartimentos, estimable para solo este compartimento un tiempo de 40 a 60 minutos.

114. PROPAGACION VERTICAL: Un primer frente de propagación, será a través de las ventanas a los pisos superiores por la severidad que alcanza el fuego y la proyección de las llamas. Los detalles constructivos del muro cortina no tiene las características de resistente al fuego, favoreciendo la posible ignición de las cortinas del compartimento superior. Hay una segunda alternativa de propagación vertical del fuego, humo y gases a través del shaf de ventilación al compartimento superior, al no existir las barreras en los ductos.

1141. PROPAGACION HORIZONTAL: Su aislación horizontal entre compartimentos también se ve amenazada, a través de las ventanas mayor aun si aconteciera un día de viento (S.W.). Parece evidente que el ancho no es suficiente para resistir una situación de combinación de viento.(Fig.115.)

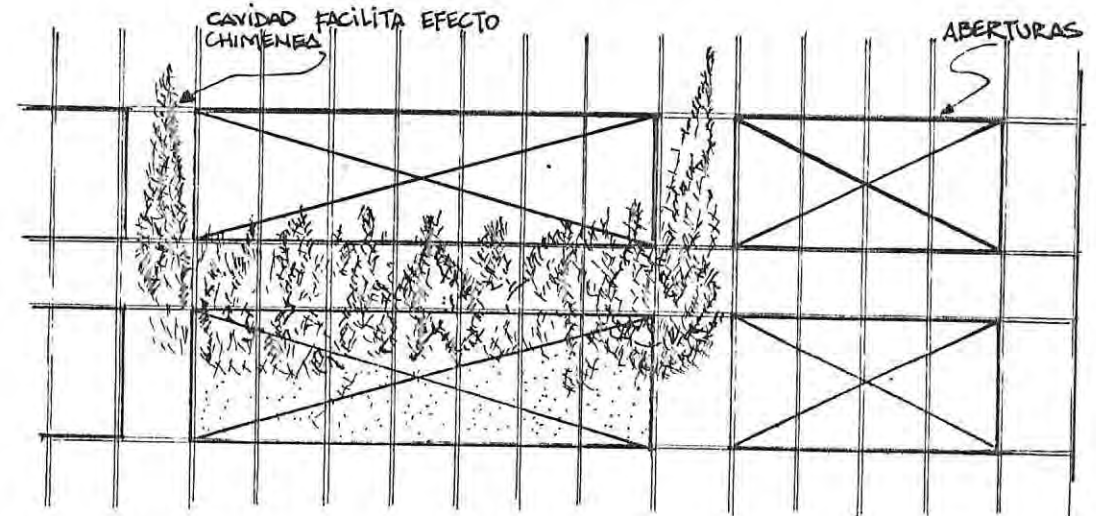


Fig.115. Distribucion de las llamas en la fachada.

Un hecho verdaderamente importante y con consecuencias bastantes peligrosas, que podría comprometer la propagación de humo y gases al corredor, escala y ascensores es: Que en el periodo de combustión en el recinto alguien abriera la puerta del compartimento en llamas. Esto produciría un tiraje hacia el corredor bloqueando éste por efecto de las llamas y humo.

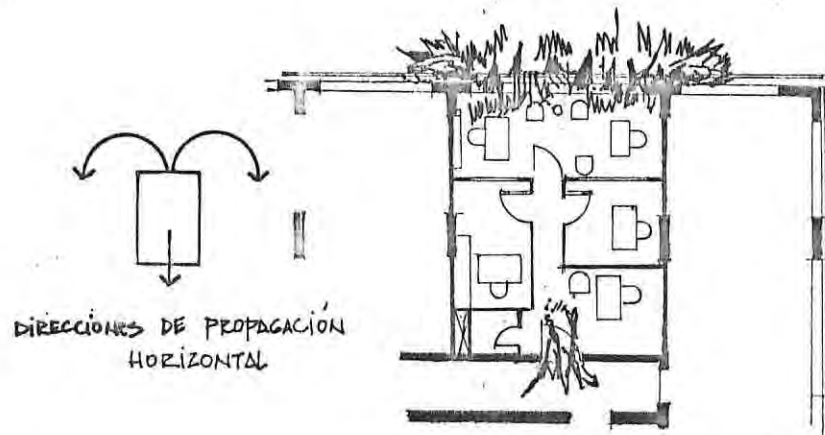


Fig.116. Direcciones de propagación horizontal.

Aunque la propagación al corredor será evidente, por que, al consumirse la puerta de madera, no existirá ninguna barrera al fuego, humo y gases, que contengan éstos fuera del corredor, caja de escala y ascensores. La posible propagación al recinto en frente al compartimento en llama, por su cercanía, puede llevar a la ignición de la puerta de madera.

115. INTEGRIDAD DE LA ESTRUCTURA: Desde el punto de vista de la resistencia al fuego de la estructura, que es de hormigón armado, no presenta problemas. Si esta tiene 2,5 cm. de recubrimiento de las enfierraduras. Las secciones pueden resistir 4 horas de tiempo de incendio.

Lo que acarrea problemas es su combinación con el muro cortina. El que no tiene una resistencia real como barrera para mantener el fuego en el compartimento de origen. También por su carácter de paño liso con grandes aberturas, favorece la propagación a superficies de gran tamaño.

El muro planteado como cortafuego (albañilería de ladrillo, con resistencia de 2,5 hrs.) podría presentar problemas, ya que éstos, por lo general, se plantean como flotantes por el efecto del sismo. Lo que implica una solución de barrera, al encuentro entre la estructura y la albañilería.

1151. COMPARTIMENTALIZACION: La compartimentalización es deficiente por el punto mencionado anteriormente y por el uso de puertas de madera.

La adquisición de tres o más compartimentos por un solo propietario, implica la ausencia de tabiques cortafuegos, aumentando la carga de incendio por más tabiquería de madera requerida, aumentando el área y tamaño de los compartimentos.

Es el caso de los dos últimos pisos unidos por una gran perforación, omitiendo el principio de la subdivisión del riesgo.

116. EMPLAZAMIENTO: El emplazamiento del edificio es satisfactorio por que permite tener tres fachadas directamente a la calle; con alguna desventaja para la última fachada, en que

el edificio de estacionamiento impediría el acercamiento efectivo.

Las salidas de la red seca no están en ubicación óptima, ya que, bomberos despliegan su material y equipo desde las escalas de servicio.

Presenta buena accesibilidad por su cercanía al cuartel de bomberos y cuenta con bastante apoyo de grifos de agua para las bombas.

117. RELACION A LAS LINEAS DE PROPIEDAD: Otro problema grave es que no existen barreras contrafuego y humo entre la torre y estacionamiento. Lo que podría originar la propagación de un edificio a otro.

La única vía de apoyo se ve recargada al sumarse la evacuación del estacionamiento.

118. PROTECCION A LA SEGURIDAD DE VIDA: Es en este aspecto que presenta las mayores deficiencias.

1181. VIAS DE ESCAPES: No hay una jerarquía o separación entre las vías horizontales y verticales. Para que cada uno se mantenga como compartimentos individuales, además de ser insuficientes.

1182. CAJAS DE ESCALAS: Por una sola caja de escalas con un ancho útil de 1,30 Mt. debe realizarse la evacuación de alrededor de 200 personas. Además de permitir el tránsito y trabajo de bomberos.

1183. PASILLO: No existen las barreras al humo y gases entre compartimentos, pasillo horizontal y caja de escala vertical.

1184. ASCENSORES: En estos no se han planteados los problemas de seguridad, ya que aquí en caso de incendio por el pánico pueden ser utilizado como vía de escape y pueden quedar atrapados al suspenderse el suministro de energía y no haber un grupo generador auxiliar.

1185. RESCATE AEREO: A un posible bloqueo de las escalas la única vía de escape es el techo por medio de un rescate aéreo. Hay dificultad para alcanzar la terraza por su gran altura y angostura de la escala vertical; lo que podría ocasionar que la gente quedara atrapada. ("Aunque esta estadísticamente demostrado que los rescates aéreos no han dado buenos resultados por la inoperancia de los helicópteros frente a las corrientes ascendentes de aire caliente, humo y gases de los incendios.") \*91.

1186. ALARMAS: La carencia de alarmas podría significar el pánico en la evacuación del edificio.

1187. ¿COMO IMPLEMENTAR LA SEGURIDAD?: Una manera de implementar la seguridad con el diseño arquitectónico y dar una mayor protección al fuego.

Imponer un criterio de compartimentalización racional de acuerdo al uso de cada recinto y crear las barreras, entre compartimentos, escape horizontal y caja de escala vertical. Creando así, en cada piso, tres áreas diferenciadas, compartimentos, pasillos y escalas. Esto se lograría reemplazando las puertas de los compartimentos por unas realmente resistentes al fuego.

Plantear otra a la salida de la escala a modo de esclusa, entre el escape horizontal y

vertical (Fig.117).

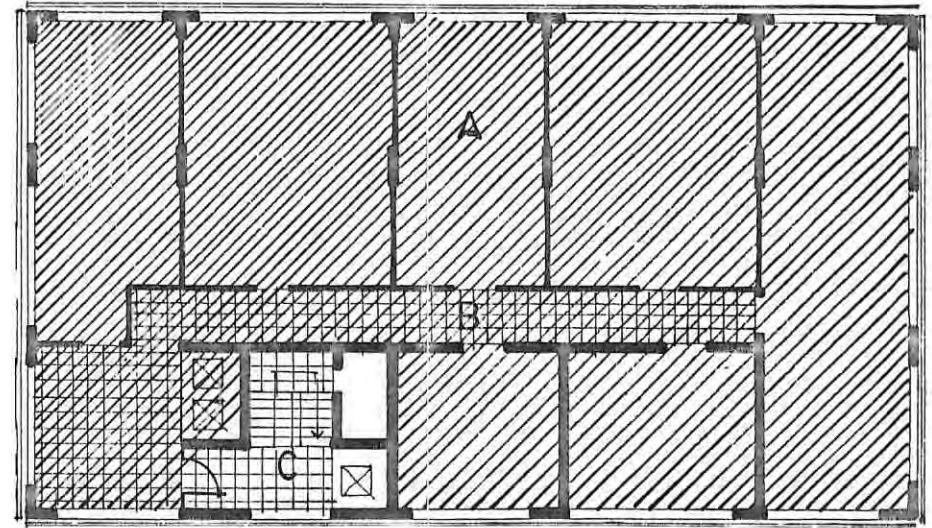


Fig.117. Zonas de seguridad. A, Area de compartimento. B, Pasillo horizontal. C, Caja de escala vertical.

Además hay que plantear un plan específico de evacuación para este edificio, en el recarcano, el no uso de los ascensores como vía de escape.  
También plantear una cuarta barrera para el cuarto de instalaciones e incinerador, ya que presenta un punto potencial de origen de fuego en la única vía de escape vertical.

## DEFINICION DE TERMINOS

- ACERO:** Metal empleado en la construcción, altamente resistente mecánicamente. Suele usarse en combinación con hormigón en el hormigón armado, también, protegido con materiales resistentes al fuego. Tiene muy mala resistencia al fuego por ser altamente conductor del calor y bajar su resistencia mecánica por sobre los 500 C.
- AGENTE EXTINTOR:** Subtancia (sólida, líquida o gas) capaz de apagar un fuego.
- AGUA:** Agente extintor especialmente para fuegos clase A. Es el agente extintor más común y efectivo. Actúa por enfriamiento y separación del combustible y el aire.
- AIRE:** Principal componente de la atmósfera. Contiene oxígeno en un 21 % que es el comburente que mantiene encendido el fuego.
- ALARMA:** Sistema manual o automático visual o auditivo que avisa a los ocupantes de un edificio que se ha producido un siniestro.
- ASCENSOR:** Sistema montacarga para movilizar ágilmente gente o carga en edificios altos. Tienen pésimo comportamiento en los incendios y durante ellos su uso debería prohibirse.
- ASTM:** American Society for Testing and Materials. Esta institución es una de las principales en cuanto a generación de normas técnicas para materiales.
- BIOXIDO CARBONICO:** (CO<sub>2</sub>) Principal producto de la combustión de los materiales orgánicos (maderas, hidrocarburos, textiles, plásticos, etc). Concentraciones mayores del 10 % pueden ser peligrosas.
- BRIGADA DE EMERGENCIA:** Grupo de personas, previamente entrenadas individualmente y en conjunto para sofocación de siniestros, lucha contra el fuego y salvataje.
- CALOR:** Energía térmica desarrollada en la combustión se propaga por radiación, conducción y convección.
- CALOR ESPECIFICO:** Capacidad que tiene un material de absorber calor. Se expresa en Kcal/Kg.
- CARGA DE INCENDIO O COMBUSTIBLE:** Todo aquellos materiales susceptibles de quemarse en un incendio y que está contenido en un recinto, se expresa Kcal/Mt<sup>2</sup> o Kg/Mt<sup>2</sup> de madera.
- CONDUCTABILIDAD:** Capacidad de un material para conducir calor, los metales son los más conductores.
- COMBUSTION:** Reacción química, automantenida, entre un combustible y un comburente (generalmente el oxígeno del aire) con gran producción de calor. Hay combustión lenta, normal y rápida, una combustión casi instantánea constituye una explosión.
- COMPARTIMENTALIZACION:** La división de un edificio en pequeños compartimentos para control del fuego.
- CORTAFUEGO:** Elemento constructivo incombustible, capaz de resistir la acción del fuego por largo tiempo, que separa dos predios o recintos, pueden ser verticales (muros) u horizontales (losas).

**CORTOCIRCUITO:** Arco eléctrico producido accidentalmente en una instalación eléctrica. Suele ser la causa inicial de muchos incendios.

**CREEP O ESCURRIMIENTO:** Deformación irrecuperable bajo carga permanente por efecto del calor.

**DETECTOR:** Dispositivo capaz de reaccionar frente a la presencia de humo, gases, llamas, temperaturas, etc y enviar una señal de alarma o de comando a un sistema extintor.

**DUCTOS:** Conducciones verticales. Pueden llevar aire acondicionado, evacuar humos y gases de califones, calefacción, cocinas, etc. Deben ser de material incombustible y resistente al fuego.

**EFEECTO CHIMENEA:** Efecto de garganta hacia arriba de los gases, por la tendencia de éstos a permanecer suspendidos.

**ENSAYOS:** Pruebas, generalmente normalizadas, para medir las características de un material o elemento.

**ESCALA, CAJA DE:** Comunicación vertical para edificios de varios pisos en cuyo espacio se desarrolla una escala para el acceso de las personas. Las escalas deben ser resistente al fuego.

**ESCALAS TELESCOPICAS:** Escaleras para la acción de bomberos compuestas de varios tramos que se deslizan unos sobre otros para alcanzar alturas apreciables. Van montadas en carros especiales que sirven de base.

**ESPUMA:** Soluciones acuosas de agentes espumantes capaces de producir gran cantidad de burbujas y que son eficaces en la lucha contra el fuego.

**EVACUACION:** Abandono masivo de un local o edificio.

El entrenamiento previo permiten hacerlo rápidamente y ordenadamente, lo cual es necesario en edificios de muchos habitantes.

**EXPLOSION:** Combustión instantánea se produce cuando un combustible está finamente dividido (polvo, líquido vaporizado, gas, etc.) e íntimamente mezclado con una cantidad estequiométrica de aire, en presencia de un elemento a temperatura de ignición. La explosión va acompañada de una brusca dilatación del volumen comprometido con efectos mecánicos altamente destructivos.

**FLASH:** Una etapa en el desarrollo del fuego en un recinto en el cual la velocidad de propagación de las llamas incrementa significativamente y todo el recinto se envuelve en llamas.

**FOCO:** Punto donde se inicia un fuego.

**FUEGO:** Combustión exotérmica con generación importante de calor, luz, llamas, humo y gases. Los hay de clase A, B, C y D.

**GASES DE LA COMBUSTION:** Gases producto de la reacción combustible-aire. Generalmente son bióxido carbonico y monóxido de carbono, vapor de agua anhídrido sulfuroso, humo, etc. Suelen ser tóxicos e irritantes y a veces combustibles.

**HELIPUERTO:** Terraza superior en los edificios altos capacitados para recibir helicópteros.

**HIDROCARBUROS:** Compuestos orgánico de cadena abierta constituido generalmente por derivados del petróleo. Son compuestos altamente combustibles con poder calórico alrededor de 10.000 a 12.000 Kcal/Kg.

**HORMIGON ARMADO:** Material mixto formado por concreto con refuerzos de acero, utilizado en la par-

te estructural de los edificios y construcciones. Es uno de los materiales de mejor comportamiento al fuego.

**IDIEM:** Instituto de Investigaciones y Ensayes de materiales. Institución de la universidad de Chile, perteneciente a la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, dedicada a la investigación científica y tecnológica de materiales.

**IGNICION, PUNTO DE:** Temperatura a la cual un determinado combustible se enciende iniciándose la combustión.

**INCOMBUSTIBLE:** Material no combustible en condiciones normales.

**KILOCALORIA:** Unidad de cantidad de calor equivalente a la necesaria para elevar la temperatura de 1 litro de agua en un grado centígrado.

**MADERA:** Producto vegetal cuya base es la celulosa. En los edificios es uno de los elementos combustibles más comunes, conformando puertas, ventanas, tabiques, cerchas de techo, pisos, muebles, etc.

**MONOXIDO DE CARBONO:** Gas producto de la combustión incompleta de materiales orgánicos a base de carbono. Se produce en la mayoría de los fuegos. Es altamente peligroso para la vida humana.

**MURO CORTAFUEGO:** Elemento vertical autosoportante, de una alta resistencia al fuego, capaz de contener a éste y evitar su propagación a recintos o predios vecinos.

**NFPA:** Sigla de la National Fire Protection Association, principal organización norteamericana de prestigio mundial dedicada al estudio y divulgación de las causas, prevención y lucha contra incendios.

**PIROLOSIS:** Descomposición física-química de un material por aplicación de calor. Cuando los productos de descomposición son combustibles y arden se forma una reacción en cadena que acaban por consumir todo el combustible.

**PREVENCION DE INCENDIOS:** Es toda acción previa conducente a evitar la declaración de los incendios, pérdidas de vidas humanas y de bienes materiales por causa y la propagación de los mismos.

**PUERTA CORTAFUEGO:** Puerta de alta resistencia al fuego para evitar la propagación de un incendio. Se coloca en muros de alta resistencia. Se clasifican según el tiempo de resistencia que garanticen.

**RADIACION:** Propagación del calor a través del espacio por ondas electromagnéticas.

**RED HUMEDAD:** Red de agua, de alimentación del estanque del edificio o mixta, con un tiempo de duración límite, hasta llegada de bomberos.

**RED INERTE:** Red eléctrica sin energía para ser usada por el cuerpo de bomberos. Debe tener salida en todos los pisos.

**RED SECA:** Cañería sin alimentación de agua, solo para uso del cuerpo de bomberos. Debe tener salida en todos los pisos. Además un espacio accesible donde bomberos puedan incorporarse a la red.

**RESISTENCIA AL FUEGO:** Cualidad de un elemento de construcción de soportar y no transmitir llamas, humo, calor y gases. Se mide en horas o minutos según normas de consenso casi mundial. Su determinación se hace en hornos especiales donde se reproduce un incendio, según una curva de tiempo-temperatura standard.

SEÑALIZACION: Letreros o signos que indican salidas, entradas, direcciones de circulaciones, zonas de peligro, prohibiciones, lugares de extintores, etc.

VELOCIDAD DE LLAMA: Rapidez con que la llama se propaga superficialmente sobre un material. Es una de las características importante para los materiales de recubrimiento.

VIAS DE ESCAPES: Salidas normales o especiales de evacuación para emergencia. Deben ser expeditas y resistentes al fuego.

YESO: Sulfato cálcico hidratado. Tiene buen comportamiento al fuego. Se usa en estucos y elementos prefabricados.

\* Estas definiciones de términos fueron tomadas en base al glosario entregado en el Seminario de Prevención de Incendios en Edificios.  
Santiago, 19 de Junio, 1981.

## BIBLIOGRAFIA

"Química del fuego", Alvaro Prado Calvo, 1958.  
Fig. 21, 22.

Seminario "Prevención de incendios en edificios". 19 Junio 1981, Santiago-Chile.  
Citas. 21, 22, 23, 37, 61, 76, 77, 82.

Cuerpo de Bomberos de Valparaíso.  
Cita. 31.

Cuerpo de Bomberos de Santiago.  
Cita. 33.

Enciclopedia Británica. Volumen 7.  
Cita. 32.

"Fire and building". T. T. Lie, 1972.  
Cita. 34, 35, 36, 62.  
Fig. 31, 32, 41, 42, 49, 410, 411a, 411b,  
411c, 61, 62, 613, 614, 615, 616.

"AISI publishe a simple, racional method for predicting fire safety of exposed steel".  
Architectural Record, Nov. 1978.  
Cita. 42,  
Fig. 33, 34, 43, 44, 45, 46, 47, 48.

AUCA 34, Junio 1978.  
Fig. 412.

Mercurio, año 1981.  
Cita. 43, 74.  
Fig. 71.

"Plywood construction for fire protection".  
American Plywood Association, 1978.  
Cita. 54.

ASTM E-119, 1973.  
Fig. 51.

ASTM C-36.  
Cita 53.

NCH 933 c71.  
Cita. 53.

"United State Gypsum Products". Specification standards 1976.  
Fig. 52, 53.

"Architectural drafting and construction".  
Ernest Weidhass, 1976.  
Cita. 78, 79.  
fig. 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 610, 611,  
612.

"Round table" Record Assembled, New York, 1978.  
Cita. 72, 73.

"Impact of codes on health care institutions".  
Joseph Sprague. Contract Interiors, Dec. 1977.  
Cita. 710, 715.

Massachusetts Building Code.  
Cita. 713.

"Mechanical and electrical equipment for building"  
Williams J. Mc Guinness.  
Cita. 712.  
Fig. 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 810,  
811, 812, 813, 814,

"Excerpts from the 1970 Uniform Building Code".  
NCARB 1975.  
Cita. 714.

Norma Española.  
Fig. 815.

Planos de obra, edificio "Los Héroes".  
Fig. 111, 112.

Del autor.  
Fig. 101, 102, 113, 114, 115, 116, 117,

Otros textos y normas de consulta.

Seminario "Bases para la protección contra incendio en los edificios". Victor Riedeman 1980.

"Ordenanza general de construcción" MINVU.

Laboratorio de incendio IDIEM.

"Enciclopedia Americana". Volumen 11.

"Life safety code 1981".

ANSI A 117.1 Standard U.S. department of housing and urban development.

Normas Chilenas.

NCH 931 N73.  
NCH 932 E73.  
NCH 933 C71.  
NCH 934 Of71.  
NCH 935 C75.  
NCH 1429 Of78.  
NCH 1430 Of78.  
NCH 1433 Of78.  
NCH 2061 Of78.