

LA COMBUROLOGIA Y SU REFLEJO URBANISTICO

Buenaventura Bassegoda Musté

PRELIMINARES

El primer libro del Pentateuco, en su capítulo IV, versículo 8, cuenta que, un día, Caín, el envidioso labrador, dijo a su hermano Abel, el pastor bondadoso: *Salgamos fuera*. Caín fue, sin duda, el primer chulapo del género humano. Y harto sabido es el resultado del desplante. El mal ejemplo cundió y, de entonces acá, los hombres han dado en acometerse y matarse unos a otros, con armas cada vez más crueles y deletéreas que aquella triste quijada de jumento, esgrimida por Sansón. La Humanidad parece haber olvidado el mandato de su Salvador: *Ut diligatis invicem*. Y la paz del mundo no depende de quienes la desean, sino que está a la merced de quienes la desdeñan. Una agresión entraña la represalia. *Prêté rendu*. El gobierno que posee el arma más poderosa no dejará de emplearla, si sabe que con ella puede aniquilar al enemigo.

En el goce de una paz, amagada por zozobras y sobresaltos cotidianos, la Naturaleza no se muestra avara en castigarnos con cataclismos de espeluzno (inundaciones, erupciones volcánicas, concusiones sísmicas, huracanes) y con reiteradas catástrofes por accidentes (ferroviarios, automovilísticos, aéreos), amén de aludes, argayos, rotura de presas, hundimiento de edificios, incendios. La llamada *protección civil* debiera ser la salvaguardia de las vidas y de los bienes de la colectividad contra dichas fuerzas hostiles, desatadas sin intervención de la voluntad humana, las cuales ha de tener presentes el urbanista al organizar el asentamiento de poblaciones, para dotarlas de todas las providencias eficaces, en orden a afrontar el riesgo de tantas calamidades. En estas líneas nos ceñiremos al estudio de los graves daños derivados de la acción del fuego, con el intento de sacar de su análisis las deducciones oportu-

nas para las normas de edificación y de planeamiento. Los norteamericanos designan por *comburológia* el tratado de la combustión desde el punto de vista de las exigencias contra incendios, con el deber insoslayable de salvar vidas humanas.

Adrede damos de lado los incendios en tiempo de guerra, porque la actual proliferación de armas nucleares y su creciente potencia permiten presumir una conflagración integral en los siniestros por ellas provocados. Así se comprobó en la fogata que desencadenó la primera bomba atómica. Hiroshima constituía un excelente objetivo para ensayarla, dado que era una ciudad completamente llana, con edificios en extremo combustibles.

Hacia tres semanas que no llovía. Al estallar el ingenio de uranio, el soplo inmovilizó el servicio de bomberos, porque quedaron enterrados bajo los escombros su escaso y anticuado equipo, los hidrantes y las calles urbanas. Aunque no hubiera sido así, la falla inmediata del servicio de aguas hubiese abocado a igual resultado negativo.

Los dos brazos del delta, de 50 y 120 metros respectivamente, formaban cortafuegos naturales y, por otra parte, se habían trazado avenidas de 50 a 60 metros, para detener las llamas. Pero, los incendios se declararon en centenares de puntos a la vez. El vulgo cree que los incendios nacen del calor de deflagración y que las ciudades arden por entero, antes de disiparse el típico hongo. En Hiroshima, el incendio derivó del soplo atómico, que lanzó cascote sobre las ascuas de los hogares, provocó cortocircuitos y proyectó fragmentos combustibles

encima de hornos industriales. Los pequeños focos devienen enormes siniestros y, al cabo de media hora, el tiro aspira el oxígeno de todas partes para alimentar una pavorosa hoguera. El límite del incendio viene definido por la circunferencia alcanzada cuando la columna de fuego adquiere tiro suficiente para succionar lo del entorno, dado que entonces las llamas se dirigen hacia el interior de la pira. La corriente de aire debida al tiro sirve de guía al superviviente del ataque, porque, al recibirla en el rostro, sabe que se aleja del incendio. Cuando hay viento, la candelada avanza y las bolisas aspiradas por el tiro van a caer más adelante, como una lluvia de fuego, antes de llegar las llamas propagadas. Para atajarlas, hay que prever un suplementario abastecimiento de agua en depósitos elevados o en tanques fijos, estratégicamente situados en la red vial.

LECCIONES APRENDIDAS IN CORPORE VILI

Por mi condición de barcelonés hasta las cachas, no puedo dejar de referirme al incendio de los grandes almacenes «El Siglo», acaecido la mañana del día de Navidad de 1932. Un cortocircuito, producido en la línea eléctrica de la instalación improvisada para accionar un tren de juguete, prendió fuego en el falso techo de un escaparate de la Rambla y halló pasto abundante en las telas y maderas de su decorado y, a pesar del ataque con extintores, alcanzó el gran patio próximo, el cual, al romperse la luna del escaparate, provocó un enérgico tiro y, al poco tiempo, las llamas se enseñorearon de todo el inmueble, en toda su altura, destruyéndolo con furia en un plazo de dos horas, a pesar de los denodados trabajos de extinción a cargo de los bomberos. Mi querido y admirado colega Eugenio Pedro Cendoya produjo un luminoso informe sobre ese siniestro que conmovió a la ciudad,



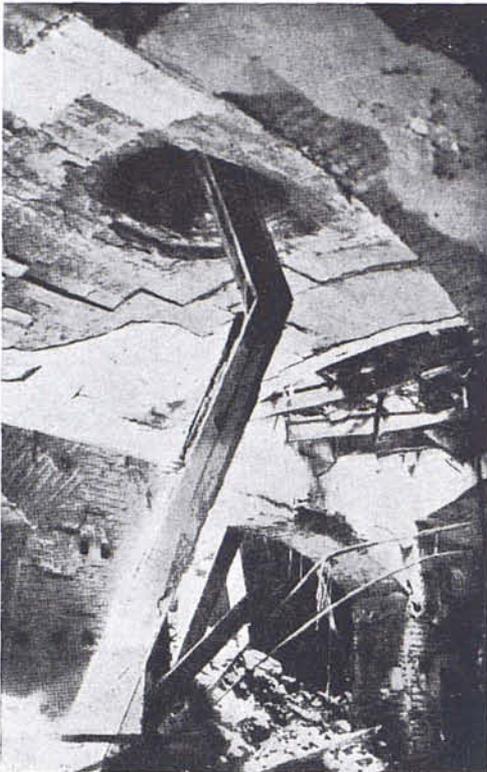
Lugar donde se inició el incendio de los almacenes «El Siglo», en 1932.



Increíble deformación de las columnas de fundación en la crujía de fachada a la Rambla.



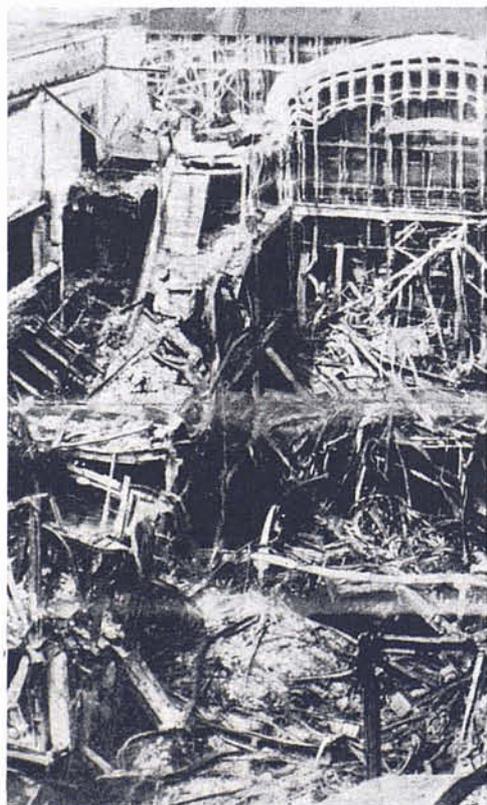
Amasijo de elementos metálicos al pie de un patio.



Impacción de una zanca de escalera en una bóveda tabicada del sótano.



Portentoso pandeo de jácenas de celosía en el cuerpo de edificio de la calle de Xuclá.



Extinguido que fue el incendio, así quedó el gran hall central de los almacenes «L'Innovation», de Bruselas.

siquiera ésta agradeciera al Señor que, en el ciclo litúrgico, nacía, vestido de hermosura, el hecho de que no se lamentara ni una sola víctima.

El edificio comercial, de unos seis mil metros cuadrados en planta, era un aglomerado de siete casas contiguas, que conservaban sus muros medianeros, con enormes vanos, sin puertas. Su estructura, según el dechado de los almacenes parisienses, se organizó, a base de nueve grandes patios con lucernarios, con suelos de entramado metálico sobre jácenas de celosía, apeadas por columnas de fundición. He aquí una síntesis del comportamiento de los diferentes materiales:

a) Las acitaras de media asta y los muros de asta resistieron bien al fuego y al agua de extinción, salvo algunas grietas, debidas a los empujes por dilatación de los entramados.

b) Las bovedillas y tableros de ladrillo no se disgregaron y sólo sufrieron deformaciones al seguir la de las vigas con aletas inferiores desnudas.

c) Las bóvedas tabicadas de los sótanos aguantaron perfectamente la acción de las llamas y los esfuerzos dinámicos por caída de frogones en el hundimiento de los pisos superiores. La bóveda pierde primero el enlucido y, después, por zonas, la primera hoja o *sencillo*.

d) Los entramados metálicos manifiestan acusado pandeo y las columnas de hierro colado inverosímil flexión lateral.

e) Las aceras de mármol se calcinaron y los jambajes de arenisca miocénica de Montjuich estallaron, saltando en lascas, a causa del agua de cantera.

f) Los cielos rasos y los enlucidos de yeso actuaron como eficaz defensa de los órganos por ellos revestidos.

g) Las alambreras, destinadas a recoger los eventuales añicos de las baldosillas de vidrio de los lucernarios, resultaron una magnífica barrera cortallamas.

h) El hormigón, que envolvía unos pocos apoyos metálicos, los protegió definitivamente, pero se desportillaron las aristas.

Otro caso de horroroso estrago ígneo. Al mediar mayo del año pasado, destrucción total de los almacenes de *L'Innovation*, en la calle Nueva, de Bruselas, obra notable del arquitecto Víctor Horta. Parece ser que el fuego prendió simultáneamente en diferentes puntos del importante inmueble y el hombre de la calle recordó los pasquines lanzados contra la *quincena americana*, instalada en dichos locales, en los que se leía la amenaza: Los antiimperialistas están dispuestos a echar mano de numerosos procedimientos para que se oiga su voluntad.

La mayor parte de la clientela estaba almorzando en el autoservicio, cuando sonó la alarma, pero muy pocas personas pudieron alcanzar a tiempo las salidas. Más de trescientos quedaron atrapados en las escaleras y murieron asfixiados por la espesa humareda. Otras muchas llegaron a azoteas y cornisas, pero, presas de pánico, se arrojaron a la calle y quedaron en ella como plasta sangrienta. En media hora, el edificio, de siete plantas, se convirtió en enorme pira de altísimas llamas y, al cabo de hora y media, toda la estructura se vino abajo, sobre las pavesas de la trágica combustión. Una falla estrepitosa de la fundición y del hierro laminado sin protección; una más y hartó letal.

Las tremendas catástrofes debidas a incendios en las construcciones metálicas desnudas, tan prodigadas a fines del siglo pasado, obligaron a volver los ojos hacia el hormigón armado. En Norteamérica, el intento de asociar el hormigón al acero, para proteger a éste contra el fuego, precedió al esqui de Lambot y a las macetas de Monier, primicias de los pioneros del nuevo material mixto.

Las estructuras de hierro, sometidas al fuego, experimentan enormes deformaciones por mengua de resistencia; a los 500°, ésta se reduce a la mitad y llega a agotarse a los 1000°. Al término de un siniestro, las cerchas de una nave forman un amasijo de hierros retorcidos, que emulan las líneas oníricas de nuestro modernismo.

El hormigón no es un material refractario, dado que el calor elimina el agua, y, con ella, la propiedad conglomerante del cemento. Pero, sometido al fuego, se comporta de modo plausible. El ensayo de compresión en bloques muy calentados y sumergidos después en agua dio una pérdida de resistencia del 20 %, en mezclas 1 : 4, variable con la naturaleza silíceo o caliza del árido. El diagrama de Woolson establece cotejo entre las reducciones de resistencias de acero y hormigón, cuando calecen.

CARACTERÍSTICAS DEL INCENDIO

Para fijar la *temperatura* alcanzada en un incendio, a base de siniestros reales y de ensayos en Centros de investigación, se propone una línea *cronotérmica*, que va desde los 700°, a los quince minutos, hasta los 1200°, a las seis horas. La ecuación pertinente es $T = 345 \log(8t + 1)$, expresando t en minutos. A la elevación rápida de la temperatura en los primeros momentos, corresponde un considerable impacto térmico, capaz de provocar daños superficiales inmediatos. La *duración* del incendio depende del material combustible que hay en el edificio. Para 50 kg/m², como es corriente en viviendas y oficinas, la temperatura llega a los 1000° en una hora y el fuego dura tres horas. Conviene no perder de vista que una cosa es la *combustibilidad* o capacidad de oxidación en reacción exotérmica, otra la *inflamabilidad* o susceptibilidad de arder con llama y propagarla, y otra la *resistencia al fuego*, o sea el tiempo durante el cual los elementos constructivos pueden desafiar al incendio, sin merma de su función estructural.

RESISTENCIA AL FUEGO DEL HORMIGÓN ARMADO

Las condiciones exigidas al hormigón son: a) *Adecuada naturaleza del árido*. El mejor es el ripio de ladrillo; siguen las escorias, la pómez, la arena silíceo y, más lejos, el casquijo calizo. El guijo de granito es poco recomendable, porque la diferente dilatación de los cristales provoca microfisuras. b) *Porosidad*. Debe emplearse árido poroso y abundante agua de amasado. Los áridos compactos se desconchan por la presión del vapor formado en la masa. c) *Dosis moderada de conglomerante*. Buena dosificación es la de 1 : 5. Se comportan mal los hormigones muy ricos y los pobres en exceso. d) *Edad suficiente*. El hormigón fresco, cuya combinación con el agua no ha terminado, se disgrega al ser lamido por las llamas.

Por ser sensiblemente iguales las dilataciones térmicas del acero y del mazacote, no hay alteración en su colaboración, cuando sufre la acción del fuego. La escasa conductibilidad del nuégado es favorable, porque asegura la protección de las armaduras. Al efecto, es necesario un grueso mínimo de 2,5 cm para el recubrimiento del metal, pero hay que pensar en no aumentar la carga muerta. En vez de acrecer el espesor de hormigón, es preferible dar un pañete ignífugo de mortero de yeso, a ser posible sobre alambreira, para afianzar la adherencia.

INCENDIOS EXPERIMENTALES

Se desarrollan en dos fases: 1.^a. Acción del fuego abandonado a su voracidad, y 2.^a. Incendio combatido por equipos de bomberos, al cabo de cierto tiempo de iniciado. Las pruebas de resistencia, tras el siniestro, demostraron que el hormigón pierde hasta el 30 % de resistencia a compresión, sólo en una profundidad de 12 cm, y que el acero mantiene su tensión de rotura de 3500 kg/cm². Al cabo de dos horas de ser flameado, el hormigón alcanzó los 100°, pero si la temperatura no rebasa los 800°, no calece allende de los 200°. Al contacto del chorro extintor, se desprenden lascas junto a las armaduras, pero lo más peligroso son las dilataciones, que desploman los elementos verticales y llegan a romper sus enlaces.

En Champs-sur-Marne, el *Centre scientifique et technique du bâtiment* ensayó elementos constructivos, cargados mediante gatos, sin exceder de 50 toneladas, y caldeados en hornos con quemadores de fuel, a distancia de un metro del contorno del elemento puesto a prueba. Se estableció así una clasificación de órganos estructurales.

- a) *Estables al fuego*, que sufren daños, pero no pierden estabilidad.
- b) *Cortallamas*, que sólo determinan ligero aumento de temperatura en la cara opuesta a la sometida al ataque ígneo.
- c) *Cortafuegos*, cuya temperatura en dicha cara no excede de 180°.



Una pareja que pide auxilio, atrapada por la jaula metálica de las vidrieras de fachada.



Un médico se desliza por un cabo de cáñamo, que le lanzaron desde una ventana frontera y se dispone a saltar a la baca que le espera en la calle.



La dama del bolso, el cual no soltó al dar el salto en el vacío, porque en él guardaba un talonario de cheques firmados en blanco.



Desde el alféizar de una ventana, un hombre se salva merced a la escalera deslizante de los bomberos.



Cerchas metálicas en la «Sala Imperio» tras el incendio.

CONCLUSIONES IMPORTANTES

— Blachère afirma que la exigencia de seguridad contra incendios comprende:

a) Limitar la intensidad y la duración del fuego, al reducir la masa combustible.

b) Disminuir los riesgos de ignición y de propagación del incendio, mediante normas sobre el empleo de materiales inflamables.

c) Prescribir dispositivos de evacuación, que no puedan ser cortados por las llamas o por el humo, para que los ocupantes de los locales siniestrados puedan, en breve plazo, escapar sanos y salvos.

d) Permitir que la lucha contra el incendio pueda dominarlo desde el principio o, al menos, antes de que haya cortado las salidas de emergencia o provocado el hundimiento de las zonas aún ocupadas.

— Hay que tener presente la influencia de las juntas consentidas, por las que pueden colarse las llamas.

— Los tabicones de hormigón celular o esponjoso, así como las baldosas de vidrio fundido se portan muy bien como parallas. Con espesor de 10 cm, llegan a tener una cara en estado de fusión pastosa, al paso que la opuesta sólo frisa los 80°.

— Son muy convenientes los enlucidos de yeso con perlita dilatada, pero el hormigón que revisten ha de estar en sazón.

— En el actual mercado, hay materiales plásticos de aislamiento térmico o acústico, que pueden favorecer la propagación de las llamas. Por ejemplo, la espuma de poliestireno empieza a reblandecerse a los 110°, pero, a los 350°, se descompone lentamente y, a los 500°, al pasar al estado fluido, desprende gases combustibles, de suerte que, al arder, puede ocasionar una propagación automática del fuego, siempre que haya suficiente cantidad de oxígeno. Cosa que no ocurre, las más veces.

— Asimismo, no hay que dar de lado la capacidad calorífica del conjunto, que retrasa la acumulación de calor en las armaduras.

DERIVACIONES URBANÍSTICAS

Los recursos para reducir o anular, si cabe, la peligrosidad de los incendios entran de lleno en el campo del planeamiento. En dicha interferencia, se reconocen dos fases:

a) Averiguación de la situación actual y determinación de los datos sobre la consistencia de los elementos integrantes del complejo territorial que debe ser protegido.

b) Organización del trabajo de transformar dichos complejos con finalidad tuitiva. El primer punto comprenderá:

A. Establecimiento de las condiciones físicas, morfológicas y climáticas.

B. Conocimiento del tipo y distribución de la población.

C. Determinación de la consistencia del asentamiento.

El apartado A consiste en fijar las condiciones naturales. Se aconseja que se señalen previamente las zonas territoriales con individualidad geo-humana, comprensiva de unicidad de problemas. En ellas se pondrán de manifiesto los recursos hidráulicos naturales, las fuentes de energía y los recursos para la lucha contra incendios. También se tendrán en cuenta los vientos dominantes, cuyas dirección y velocidad influyen en la propagación del fuego hasta llegar al tipo de incendio masivo o conflagración. Asimismo, los datos térmicos, pluviométricos y de humedad. Respecto a esta última, observamos que, por falta de ella, la madera arde como yesca.

Por lo que atañe al apartado B, interesa:

a) La consistencia de la población, que se refiere no sólo a la residente (concentrada o dispersa), sino también a sus tendencias migratorias.

b) La distribución, estimada a base de la densidad total, respecto a los diversos centros y a las zonas de éstos.

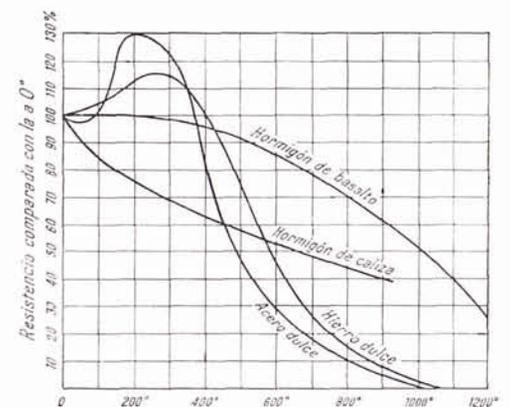
En el apartado C se consideran todas las instalaciones urbanas y rurales del territorio, que consideramos como condiciones artificiales, para determinar los puntos sensibles y los sectores peligrosos, clasificados a tenor del riesgo. Los puntos sensibles en zonas urbanas dependen de la densidad de construcción y del esquema de compartimentación. La primera es función del terreno cubierto y de la altura de edificación y la segunda, de los espacios libres o cortafuegos, que definen células ígneas independientes. El suelo cubierto alcanza del 75 %, en el ojo de boticario del aglomerado urbano, con grave peligro, hasta el 15 % en las agrupaciones periféricas, con riesgo mínimo. Para definir el peligro, se parte del índice medio de carga de fuego, que es la cantidad de calor Q, engendrada en determinado espacio por la combustión completa de su contenido, suponiendo que el material está uniformemente repartido sobre la superficie tomada en consideración. La carga de fuego de un edificio será $Q \cdot e$, siendo e el riesgo de ignición a con-

secuencia de la propagación desde cualquier foco externo, es decir, igual al área cubierta dividida por la suma de ésta y del área de influencia referida a todo el edificio.

El ilustre profesor Andriello, de la Facultad de ingeniería de Nápoles, ha formulado un método, a base de fichas de encuesta, estudiado en el Consejo Internacional de Roma 1961. Se trata de una primera tentativa de metodología aplicada a la investigación, en el campo técnico urbanístico, de la susceptibilidad de las ciudades a incendios, previo cálculo de la carga de fuego para cada casa y del límite de distancia cortafuegos para cada calle. Este método se ha aplicado al centro histórico de Nápoles, de tupida edificación, y ha permitido dividirlo en zonas respecto al riesgo de incendios.

Un nuevo campo, erizado de dificultades, es el de la prevención de riesgos procedentes de determinadas instalaciones industriales y de las generadoras de energía, incluso la atómica. La única defensa válida estriba en un cuidadoso e inteligente planeamiento del territorio y su desarrollo equilibrado, dentro de una sana política de descongestión, a fin de poder resolver, junto a los problemas económicos, higiénicos y estéticos, los relativos a la protección contra incendios de las vidas de sus habitantes y de los bienes que les pertenecen. A ello se opone la mentalidad capitalista moderna, que sólo atiende al lucro y, a una racional ordenación, antepone la caótica hipertrofia, recidiva del *morbus aedificandi*.

Y pongo aquí punto redondo, para no enfadar al avisado lector y librarlo del hepático suplicio de Prometeo, el aprehensor del fuego.



Robusto pie derecho de acero laminado grotescamente retorcido por el fuego.