AYUNTAMIENTO DE BARCELONA

DEFENSA PASIVA ANTIAÉREA

instrucciones elementales para la protección contra los ataques aéreos con bombas explosivas e incendiarias

REFUGIOS

AYUNTAMIENTO DE BARCELONA

DEFENSA PASIVA ANTIAÉREA

REFUGIOS

Instrucciones elementales para la protección contra los ataques aéreos con bombas explosivas e incendiarias

Segunda edición,
corregida y aumentada.

SUMARIO

PRESENTACIÓN

PRELIMINAR

EFECTOS DE LAS BOMBAS

PROTECCIÓN CONTRA EL IMPACTO Y SUS EFECTOS

REFUGIOS PROPIAMENTE DICHOS

REFUGIOS EN EDIFICIOS DE NUEVA PLANTA

HABILITACIÓN DE REFUGIOS EN EDIFICIOS EXISTENTES

REFUGIOS EN SOLARES NO EDIFICADOS

REFUGIOS INDEPENDIENTES

PROTECCIÓN DE REFUGIOS NO ENTERRADOS

TRINCHERAS Y GALERÍAS DE MINA

VENTILACIÓN E ILUMINACIÓN

EQUIPO DE UN REFUGIO

PRESENTACIÓN

Desde la gran guerra europea, en el curso de la cual, por vez primera, se utilizó la aviación como arma de combate, casi todas las naciones se han preocupado de construir refugios de protección de la población civil contra los ataques aéreos o, por lo menos, de establecer, sobre bases experimentales y de cálculo, unas normas que sirvieran de guía para dicha construcción.

España, que no sufrió directamente los efectos de aquella guerra, fué, hasta el 19 del próximo pasado julio, el país más **alegre y confiado** que imaginarse pueda, en lo que se refiere a defensa pasiva antiaérea. Nadie se acordó, o no quiso acordarse, del abandono en que se dejaba a los ciudadanos indefensos, ante posibles incursiones de barcos y aviones enemigos.

Y claro está, llegó la sublevación fascista, y las máquinas mortíferas del aire, al servicio de la barbarie, han sembrado la desolación y la muerte por doquier. ¡Cuántas vidas, sobre todo de mujeres y niños, han sido segadas por la metralla del fascismo a causa de la inercia de los gobernantes que regentaron los intereses del suelo Ibérico! Si se hubiera hecho menos política y más obra al servicio del pueblo; si, en una palabra, se hubiese estado a la altura de las circunstancias, al producirse el movimiento fascista no nos hubiésemos encontrado con todo por hacer en tan humanitario problema.

El abandono llegó al extremo de que ni siquiera existe reglamento oficial para la construcción de refugios. Se han editado, sí, en la esfera particular, una serie de fascículos

que recopilan y resumen las disposiciones extranjeras; pero, la mayor parte de estas publicaciones, sobre transcribir normas de distinto origen, citar instrucciones y cifras a veces contradictorias y consignar datos de dudosa exactitud, el hecho indicado de limitarse a extractos de textos extranjeros, da lugar a que en ninguno se hayan tenido en cuenta los procedimientos de construcción propios y habituales en Cataluña y especiales de nuestra Ciudad —cuya circunstancia, por sí sola, justificaría la aparición de este opúsculo— ni tampoco los de España, esencialmente diferentes, en muchos lugares, de los empleados en otros países.

En estas condiciones, la misión que se nos encomendó de salvaguardar, en lo posible, la vida de los barceloneses, tenía indiscutiblemente que tropezar con infinidad de dificultades en todos los órdenes. Por otro lado, no se trata de una obra que se pueda improvisar, máxime en una ciudad como la nuestra. No obstante, se ha hecho bastante y se sigue haciendo cuanto nos es permitido. Cierto que ha habido que superarse a sí mismo, por parte de todos, lo que anotamos con satisfacción.

Sobre esta labor efectuada y la que se ejecuta en materia de construcción de refugios a cargo del Ayuntamiento y la de asesoramiento municipal y auxilio de materiales al vecindario en los refugios que éste realiza con su loable esfuerzo personal y económico, fué encomendada a los Servicios técnicos de la Consejería Regidoría a mi cargo la redacción de estas páginas de divulgación que, libres, a nuestro juicio, de los defectos señalados para otras similares, son interesantes para los técnicos, prácticas para los obreros del ramo de la construcción y comprensibles fácilmente para los no iniciados en este arte.

En nombre del Ayuntamiento de Barcelona, me es grato presentarlas y ofrecerlas a los ciudadanos de la Capital y a todo el pueblo de Cataluña.

M. MUÑOZ DIEZ
Consejero-Regidor de Urbanización y Obras,
Representante del Ayuntamiento en la Junta
de Defensa Pasiva.

Barcelona, mayo de 1937.

AYUNTAMIENTO DE BARCELONA

Consejería-Regiduría
de Urbanización y Obras

—

Servicios Técnicos

PRELIMINAR

Antes de entrar en materia, parece oportuno se expongan una notas justificativas y aclaratorias sobre algunas de las cuestiones que son objeto de este opúsculo.

Plan general. — Sin pretender efectuar una división absoluta en la clasificación de materias, se ha intentado ordenarlas comenzando por las ideas de carácter general, de un sentido más técnico que el resto, continuando luego por lo que podría considerarse como aplicaciones, procurando dar a esta última parte un carácter eminentemente práctico.

Gases. — No se trata en este folleto nada o casi nada que se refiera directamente a la defensa pasiva contra los gases. La existencia de un librito editado por el Comisariado de Propaganda de la Generalidad de Cataluña con el título **Ciutadà: què has de fer davant la guerra aèria?**, en el que se estudia científica y prácticamente, con toda extensión, pero con la precisión debida, esta importante materia, excusa la insistencia en este punto, sobre todo, cuando la protección contra los gases, si no es individual (caretas, vestidos especiales, etc.), tiene lugar en los mismos refugios que protegen a la población contra las bombas explosivas, con sólo añadirles los dispositivos necesarios para asegurar su estanqueidad respecto al aire exterior, especialmente de la parte baja de la atmósfera (por ser la que con más facilidad puede quedar invadida largo rato por los citados gases, que acostumbran a ser bastante densos), disponiendo las entradas y salidas en forma de **esclusa.**

Tablas. — En el texto se encontrarán numerosas tablas destinadas a facilitar la elección de los materiales a utilizar en la construcción de refugios y fijar su grueso, así como para determinar las condiciones de seguridad de un refugio existente, y los materiales y gruesos de ellos a emplear para mejorarlas. Para mayor claridad — aunque ello no se haya podido conseguir de una manera absoluta, por razón de la claridad misma —, la mayor parte de las tablas que hacen referencia a efectos producidos por las bombas, han sido intercaladas en los capítulos de ideas generales, llevando a los que se ocupan de las aplicaciones prácticas, casi todas las tablas que se refieren concretamente a materiales.

Valor de las tablas. — A los datos numéricos contenidos en las tablas, no debe dárseles un valor absoluto, sino simplemente aproximado. Sirven tan sólo de orientación y referencia, pues el reducido número de experiencias en que están basados y las dificultades de ejecución de estas últimas, así como la complicación del planteamiento de teorías y cálculos con ellas relacionados, hace que les falte el valor estrictamente científico y matemático que acostumbran a tener las tablas que se publican en los libros técnicos que tratan de otras materias. Por otra parte, no se olvide que en aquellos efectos destructores de una bomba en que influye la velocidad de llegada, por ser ésta variable con la altura del lanzamiento, variable habrá de ser la intensidad de los efectos; no obstante, la generalidad de las tablas, cuyos datos son función de la velocidad, tienen por base de cálculo la velocidad máxima uniforme que adquiere un cuerpo en su caída a partir de una determinada altura (velocidad de régimen) que, para la generalidad de las bombas pisciformes, es de 260 metros por segundo (cerca de 1.000 km. por hora), correspondiente a una atura aproximada de 6.000 metros. Ahora bien; tan sólo las bombas de poco peso son lanzadas desde alturas tan considerables, en forma de riego sobre una extensa zona; las de más peso, dirigidas ordinariamente contra objetivos concretos, suelen serlo desde alturas muy inferiores a la indicada, única forma de tener probabilidad de acierto. En consecuencia, los datos contenidos en las tablas de que se trata, deben ser conceptuados como valores límites.

Hormigones. — Todos los hormigones de que se habla en este folleto se suponen constituídos por 300 kg. de cemento portland artificial, 0'40 m.^{3} de arena y 0'80 m.^{3} de grava (en volumen, aproximadamente, 1 parte de cemento, 2 de arena y 4 de grava), cantidades que proporcionan sensiblemente un metro cúbico de hormigón. Si se emplea hormigón de 400 kg. de portland por m.^{3} (en volumen, aproximadamente, 1 parte de portland, 1 y 1/2 de arena y 3 de grava), los gruesos que se fijan en el texto o en las tablas, pueden reducirse a cuatro quintas partes de los allí indicados.

Figuras. — En las figuras que ilustran este folleto, se han empleado como signos convencionales: el rayado fino para indicar mampostería ordinaria o fábrica de ladrillo; rayado fuerte para el hormigón en masa, y doble rayado para el hormigón armado.

EFECTOS DE LAS BOMBAS EXPLOSIVAS

Las bombas explosivas son las preferidas en ataques aéreos porque, sobre su eficacia destructora, pueden deprimir la moral de la población, particularmente cuando son lanzadas copiosamente.

Cuando una bomba explosiva, con espoleta retardada de 1/20 a 1/10 de segundo, cae sobre un macizo o cuerpo duro, sucede:

1. Penetración. — La fuerza viva de la caída hace que la bomba penetre en dicho cuerpo (impacto).

Para formar concepto de la importancia y variación de intensidad de la fuerza viva de las bombas de aviación, recuérdese que la fórmula correspondiente es

$$F = \frac{Pv^2}{2g}$$

en la cual **P** significa el peso de la bomba (parece ser que las hay de 3.000 kilos); **v**, la velocidad de llegada (hasta el máximo de 260 metros por segundo), y **g**, la aceleración debida a la gravedad (9.81, en nuestra latitud).

Teóricamente, puede calcularse la penetración por la fórmula

$$h \times S = w \times F, \quad \text{o sea} \quad h = w \times \frac{v^2}{2g} \times \frac{P}{S}$$

en la que **h** es la penetración, en metros; **w**, un coeficiente de resistencia del cuerpo penetrado; **v**, la velocidad de llegada, en metros por segundo; **g**, como se ha dicho, el número 9.81; **P**, el peso de la bomba, en kilos, y **S**, la sección máxima de la bomba, en centímetros cuadrados.

Los valores de **w**, según el ingeniero alemán Perès Werner, corroborados por experiencias francesas y americanas, pueden fijarse en 1/150 para la tierra ordinaria; en 1/750 a 1/2.000 para el hormigón en masa, según dosificación; en 1/1.500 a 1/2.250 para el hormigón armado, según dosificación y mallas, y en 1/150.000 para el acero. A nuestro juicio, por comparación de resistencia con la tierra ordinaria, a la arcilla compacta predominante en el suelo de Barcelona, cabe atribuirle el valor **w** = 1/200, por lo menos.

explosivos potentes y tierras ligeras, y aun valores superiores si hay que tener en cuenta la zona de conmoción, o de posible agrietamiento, que alcanza un radio

$$R = r\sqrt{2} = 1'41\ a\sqrt[3]{C}$$

La parte destruída por la explosión tiene forma cónica, o de **embudo** (Fig. 1). Aproximadamente, la profundidad del embudo es $H = h/2 + r$ tratándose de cuerpos duros en que la bomba sólo penetra en parte, ó $H = h + r$ si la bomba penetra por completo. Adviértase que se trata de la profundidad real y no de la aparente, casi idénticas en el primer caso, porque el embudo queda libre de detritus, y distintas en el segundo, por el relleno producido al caer los cascotes o tierras proyectadas verticalmente. En el primer caso, el diámetro de la parte superior del embudo es $D = 3\ H$, variando entre $2\ H$ y $3\ H$, en el segundo.

Haciendo aplicación de lo expuesto a un macizo de hormigón de 300 kilos ($w = 1/1.500$) con percusión de la bomba a la velocidad de 250 m/s y suponiendo $a = 0{,}25$, se obtiene:

Destrucción de un macizo de hormigón en masa

Peso de la bomba	Máxima penetración	Radio de explosión	Profundidad del embudo	Diámetro del embudo
50 Kg.	0.34 m.	0.54 m.	0.71 m.	2.13 m.
100 »	0.37 »	0.94 »	1.13 »	3.39 »
250 »	0.27 »	1.24 »	1.38 »	4.14 »

Para terrenos varios véase el siguiente cuadro confeccionado teniendo a la vista el que figura en las instrucciones del Comisariado técnico belga de D. P. A.

Profundidad del embudo en diferentes terrenos

Peso de la bomba	Piedras duras	Piedras blandas	Arena	Arcilla compacta	Tierra ordinaria
50 Kg.	1'30 m	2'30 m.	3'00 m.	4'50 m.	6'00 m.
100 »	1'40 »	2'65 »	3'50 »	5'50 »	7'50 »
300 »	2'10 »	4'20 »	5'25 »	7'75 »	10'50 »

El cuadro que sigue está tomado de las instrucciones de la Comisión federal suiza de D. P. A. y se refiere a materiales en los cuales la bomba penetra al menos en toda su longitud.

Profundidades y diámetros teóricos de los embudos

Peso de la bomba	Roca blanda		Grava o cascote compacto		Arena		Tierras	
	H	D	H	D	H	D	H	D
50 kgs.	1.4 m.	4.5 m.	1.7 m.	5.0 m.	2.6 m.	5.5 m.	3.5 m.	6.0 m.
100 »	1.5 »	6.0 »	1.9 »	6.5 »	2.8 »	7.0 »	3.8 »	8.0 »
300 »	2.3 »	8.5 »	2.9 »	9.5 »	4.3 »	10.5 »	6.0 »	12.0 »

De los datos hasta aquí consignados, cabe deducir los gruesos de protección del impacto directo.
Las citadas instrucciones de la Comisión Federal Suiza, contienen también el siguiente cuadro:

Protección contra la perforación y la explosión
(Instrucciones suizas)

Peso de la bomba	Hormigón armado (fortificación)	Hormigón armado (ordinario)	Hormigón en masa	Construcciones en tunel: Rocas blandas	Construcciones en tunel: Grava compacta	Construcciones en tunel: Arena Tierras
50 Kgs.	0.70 m.	1.30 m.	1.40 m.	3.50 m.	5.50 m.	6.50 m
100 »	1.10 »	1.70 »	2.10 »	5.00 »	7.50 »	9.00 »
300 »	1.40 »	2.10 »	2.80 »	7.50 »	11.00 »	13.00 »

Las instrucciones ministeriales francesas de 1936 dan cifras idénticas o casi iguales:

Protección contra la perforación y la explosión
(Instrucciones francesas)

Peso de la bomba	Hormigón armado	Hormigón en masa	Mampostería	Tierras
50 Kg.	0'70 m.	1'00 m.	1'50 m.	5'00 m.
100 »	1'10 »	1'70 »	2'50 »	8'00 »
300 »	1'50 »	2'10 »	4'00 »	12'00 »

Es de advertir que cuando hay mucha penetración, una gran parte de los efectos explosivos quedan amortiguados, e incluso puede no producirse el embudo.

4. Proyección de metralla y cascote. — La metralla y el

cascote producidos por la explosión, son proyectados con gran violencia contra los elementos próximos (paredes, vehículos, personas, etc.). La zona de proyección adquiere la forma cónica correspondiente al embudo abierto en el macizo.

Para preservarse de la proyección de metralla y cascote, hay que oponer pantallas o mamparas de protección. Una idea de la resistencia que al impacto de la metralla ofrecen algunos de los materiales con que pueden construirse dichas pantallas, la da el gráfico siguiente (Fig. 2), en el que se com-

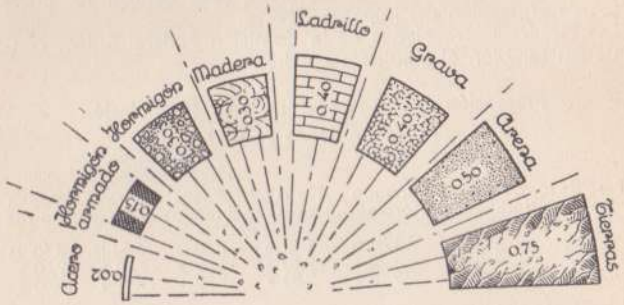

Fig. 2 - Espesores de igual resistencia al impacto de la metralla

paran espesores de igual eficacia protectora, partiendo de una plancha de acero de dos centímetros de grueso, espesor generalmente suficiente para este fin. De dicho gráfico pueden igualmente deducirse, aproximadamente, los gruesos mínimos a dar a las distintas fábricas que ordinariamente se emplean en la construcción de muros y paredes, para que no sean destruídas por la mentada proyección, gruesos que, por ser mínimos, convendrá siempre aumentar prudencialmente.

Siquiera sea por haberla visto en películas cinematográficas, es de todos conocida la ya indicada forma, más o menos cónica, de la proyección de metralla, cascote o tierra, que produce la explosión de un proyectil; es también sabido que,

en caso de bombardeo en campo abierto, o bombardeo inesperado, las personas deben tenderse en el suelo. En poblado se recomienda como sitios preferentes para echarse, las aceras junto a las fachadas de las casas; es conveniente advertir, sin embargo, que cuando la bomba es de poco peso y la calle tiene pavimento duro, la penetración del proyectil es casi nula, dando un cono de proyección enteramente abierto, y la zona más castigada resulta a ras del suelo; de ello se han dado ejemplos en Barcelona.

5. Soplo. — La explosión pone en vibración el aire circundante y actúa sobre los elementos próximos en forma de presión o soplo, que puede, incluso, llegar a producir la muerte de seres, sin heridas aparentes. La zona en que los efectos del soplo se dejan sentir profundamente, causando graves desperfectos, se expresa en el siguiente cuadro:

Radio de la zona de efectos graves producidos por el soplo

Bombas	Radio de la zona
50 Kg.	30 m.
100 »	75 »
300 »	135 »

Es difícil calcular la aceleración de la masa de aire en movimiento, determinante del soplo; pero se observa que éste disminuye rápidamente con la distancia.

En el caso de una bomba de 100 kilos con una carga explosiva de 50 kilos:

Sobrepresión producida por el soplo de una bomba de 100 kg.

A 20 metros de distancia, la sobrepresión es de 250 g./cm.²
» 50 » » » » » » » 40 »
» 100 » » » » » » » 10 »

Para un tanteo, puede admitirse una reducción proporcional al cuadrado de las distancias y un aumento en razón directa de las cargas explosivas de las bombas.

Como sea que la presión actúa instantáneamente, la destrucción por el soplo es máxima donde los elementos son

pequeños respecto a la masa de aire. De visu, o por fotografía, es de todos conocida la acción del soplo sobre los cierres metálicos o puertas onduladas.

Las instrucciones de la Comisión Federal Suiza de Defensa Aérea Pasiva, para el caso de construcciones muy ligeras (puertas, postigos, tabiques), dan la siguiente fórmula:

$$P = \frac{37.500\ Q}{R^2}$$

en la cual, **P** es la presión en Kg./m.^{2}; **Q**, el peso del explosivo en kilos, y **R**, la distancia en metros.

6. Succión. — Por razón del enrarecimiento del aire que el soplo ha producido, sigue a éste el fenómeno contrario de aspiración o succión.

Es de consignar que, a cierta distancia del lugar donde explota la bomba, la succión puede producir, en los edificios, mayor efecto destructivo que el soplo, no solamente porque es más duradera y tiene mayor aceleración, sino también porque en la construcción de inmuebles sólo se tienen en cuenta los efectos de las presiones laterales ejercidas desde el exterior (viento).

Por esta circunstancia, es recomendable que, en caso de bombardeo, las casas altas, totalmente aisladas (casas del Ensanche, por ejemplo, con solar sin edificar a uno y otro lado), especialmente si las paredes laterales son delgadas (medianeras de 0'15 m., aunque tengan pilares de refuerzo), sean totalmente desalojadas, puesto que, sobre los peligros a que están expuestas las demás construcciones, estos edificios, más que los otros, son incapaces de resistir los enormes esfuerzos de dentro a fuera, verdadera explosión interior a la que pueden equipararse los fenómenos producidos por la succión.

7. Conmoción del terreno. — Por la explosión entra también en vibración el terreno, como en sacudida sísmica.

Es preciso, pues, que los edificios tengan buenas cimentaciones y que éstas desciendan cincuenta centímetros, por lo menos, por debajo de la máxima penetración de los proyectiles respecto los cuales se quiera proteger la construcción.

De igual modo, las galerías de minas que se empleen para cobijo, deben horadarse en tierras consistentes y compactas, y en caso contrario, revestirse, para evitar que con la conmoción del terreno se produzcan desprendimientos interiores.

8. Incendio. — En determinadas circunstancias, la explosión puede provocar un incendio.

Efectos inmediatos e indirectos. — Los efectos de penetración, explosión y destrucción, se consideran como **directos** o **inmediatos**, mientras que los demás fenómenos señalados se tienen por efectos **indirectos.** A menudo, la diversidad de fuerzas desarrolladas al estallar una bomba, exigen protecciones contradictorias; precisa, pues, sospesar la importancia de cada una y constatar la ventaja de prescindir casi siempre de los efectos inmediatos, para oponer mejor defensa contra los indirectos. Es un punto de gran importancia sobre el cual se insistirá más adelante.

PROTECCION CONTRA EL IMPACTO Y SUS EFECTOS

Las construcciones ordinarias no pueden resistir la energía que representa la caída de una bomba de 100 kilos desde la altura a que una buena defensa activa antiaérea obliga a mantenerse a los aviones.

Al construir un edificio, puede obtenerse su protección por uno de los cinco sistemas siguientes:

A) Deteniendo la bomba, mediante un terrado blindado. Este procedimiento, que resulta carísimo, tan sólo es propiamente aplicable a edificios de gran importancia militar, política o administrativa. Y no debe darse al olvido el gran peligro que representa, para los edificios próximos, la proyección de cascotes en el caso, siempre posible, de que una bomba de extraordinaria potencia llegase a destruir la cubierta (Fig. 3).

B) Frenando la bomba al atravesar los techos. Por su escasa efectividad, aun con forjados gruesos y resistentes, no puede tenerse gran confianza en este frenaje que, por otro lado, tan sólo protegería del impacto los pisos inferiores (Fig. 3).

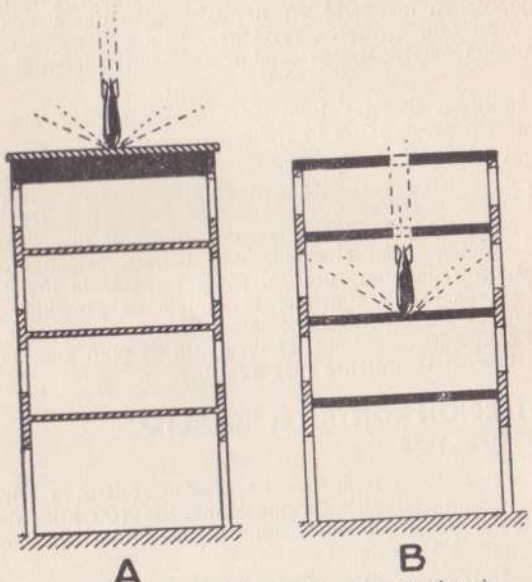

Fig. 3 - Protección por detención. - Idem por frenaje

C) **Reforzando las paredes perimetrales,** con la idea tan sólo de obtener una protección contra la proyección de cascotes y metralla provinentes del exterior. Es un buen sistema si existe poca probabilidad de impacto (casas aisladas), y la construcción tiene escasa altura (Fig. 4).

D) **Salvado la estructura,** organizándola a base de una osatura metálica, o de hormigón armado, con uniones rígidas. La explosión, en tal caso, tanto si tiene lugar dentro, como fuera del edificio, destruye el material ligero de que están constituídos los forjados y deja intacta la estructura (válvula de seguridad) (Fig. 4). No hay que perder de vista que, incluso las bombas pequeñas, destrozan los forjados y por ello, resulta preferible la solución que sigue:

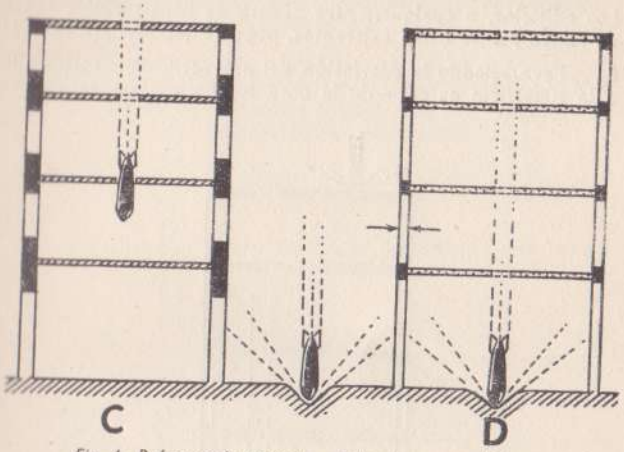

Fig. 4 - Refuerzo de paredes. - Estructura esquelética

E) **Salvado la estructura y deteniendo la bomba,** dando a la primera una disposición esquelética y blindando la cubierta a prueba de bombas de poco peso (Fig. 5). Este es el sistema óptimo para las casas emplazadas en densos núcleos urbanos, ya que, por la inevitable imprecisión del bombardeo, resulta ventajoso para el enemigo atacar con bombas relativamente pequeñas, porque con igual peso en proyectiles, no sólo se cubre mayor zona de ataque, sino que la superficie efectiva destruída es también mayor, según resulta del siguiente cuadro tomado del libro de Gibrin y Heckly:

Efecto de una tonelada de bombas explosivas sobre un macizo de hormigón

Peso de cada bomba	Número de bombas	Radio de destrucción	Superficie destruida	Superficie total destruida
1000 Kg.	1	2'00 m.	12'60 m.²	12'60 m.²
250 »	4	1'30 »	5'30 »	21'20 »
100 »	10	0'90 »	2'54 »	25'40 »
50 »	20	0'70 »	1'54 »	30'80 »

Los edificios, o cualquier otro género de construcción, tanto de nueva planta como existentes, pueden también protegerse:

F) Favoreciendo la desviación del proyectil, dando para ello a la superficie exterior de la obra formas apuntadas (bóve-

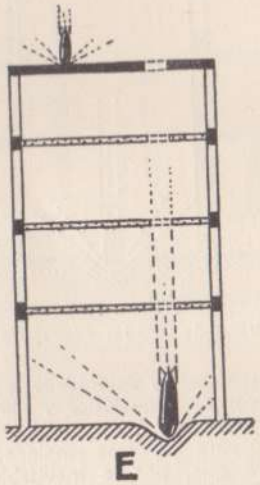

Fig. 5 - Estructura esquelética y cubierta blindada

das, planos inclinados), o bien cubriéndola con una defensa adicional que revista estas formas.

La forma de ojiva de la punta del proyectil, hace que éste rebote al topar con las indicadas superficies.

Si la construcción está aislada y sobresale de la rasante del terreno, la explosión tendrá lugar bastante lejos de ella y sin hundirse previamente en tierra el proyectil (Fig. 27). Es una ventaja importante de esta clase de defensas. Aun cabe conseguir, por este medio, que la bomba deje de explotar, pues, según sea el ángulo de incidencia de la trayectoria de la bomba, su recorrido se modifica como sigue:

Modificación del recorido de una bomba según sea el ángulo de incidencia

Angulo de incidencia	Tierras naturales
0° a 15°	La bomba rebota, dejando sobre el terreno un surco poco marcado.
15° a 25°	La bomba rebota después de un cierto recorrido subterráneo.
25° a 40°	La bomba sigue frecuentemente un recorrido tortuoso, y tiende a volver a la superficie.
40° a 90°	La bomba sigue, en general, un recorrido subterráneo rectilíneo, prolongación sensible de su incidencia.

Angulo de incidencia	Macizo de hormigón
0° a 45°	Siempre rebota.
45° a 60°	Rebote dudoso.
60° a 90°	Penetra sin rebote.

Los efectos de desviación, pueden también conseguirse empleando redes o emparrillados de protección, dispuestos oblicuamente con relación a la trayectoria, los cuales, al actuar sobre la ojiva o sobre el «empenaje» de la bomba, la hacen bascular y, en consecuencia, cambiar de recorrido.

G) Provocando la explosión prematura, al propio tiempo que un efecto complementario de frenaje, para que el proyectil, aun llevando la espoleta retardada, explote antes de penetrar en el techo del lugar protegido. Estos efectos pueden alcanzarse, principalmente, mediante losas de explosión y emparrillados. Siempre, aunque en reducida escala, en un edificio de varias plantas, los techos de los pisos superiores, si tienen suficiente resistencia, actúan como losa de explosión, y los intermedios obran como superficies de frenaje, respecto a la planta baja y al sótano.

H) Localizando los efectos de la explosión, dando para ello a las paredes de las partes bajas de la construcción, gruesos

suficientes, en relación a las fábricas con que están ejecutadas, para evitar sean destruídas o volcadas por los efectos de los proyectiles que puedan explotar en su proximidad.

No es conveniente que los locales protegidos tengan una gran cabida, prefiriéndose buscar su equivalencia con mayor número de más reducidas dimensiones, todo con objeto de no exponer a un tiempo gran cantidad de personas a los efectos de un mismo impacto. Por lo tanto, en caso de locales de mucha capacidad, será prudente subdividirlos convenientemente. Esta subdivisión será eficaz si los muros con que se realiza quedan sólidamente anclados al suelo y a las paredes y tienen masa y grueso suficiente para resistir al soplo y demás efectos indirectos de la explosión.

REFUGIOS PROPIAMENTE DICHOS

A fin de alejar los peligros derivados de un bombardeo aéreo, conviene cobijar la mayor parte de la población en abrigos o **refugios** a tal efecto dispuestos, que la defiendan de la metralla y la protejan contra el hundimiento de los edificios, sin perjuicio de que, sin grandes dificultades, puedan ser habilitados para la protección contra los efectos de la guerra química.

Los refugios, se han de organizar a base de los efectos producidos por los proyectiles o bombas de máximo efecto, dentro de los normalmente empleados (bombas incendiarias, bombas explosivas hasta 100 kilos de peso, granadas rompedoras), y en forma que, no tan sólo protejan de los efectos inmediatos de los artefactos (penetración y explosión), sino también contra los indirectos (proyección de metralla, tierras, cascote y materiales, soplo, succión, incendio, derrumbamientos, incomunicación con el exterior). Una protección de esta naturaleza es suficientemente eficaz en la mayoría de los casos. Querer, con carácter general, obtener una defensa mayor, previniendo una ofensiva con medios de mayor potencia, fuera hacerla económicamente imposible.

La protección absoluta tan sólo puede ser prevista y alcanzada en casos excepcionales. La figura 6 representa la sección de un refugio construído en el patio de unas dependencias públicas de Barcelona, previsto para resistir bombas de 300 kilos; véase la gran cantidad de material necesario, en relación con su capacidad, lo que da idea de su gran costo por persona protegida.

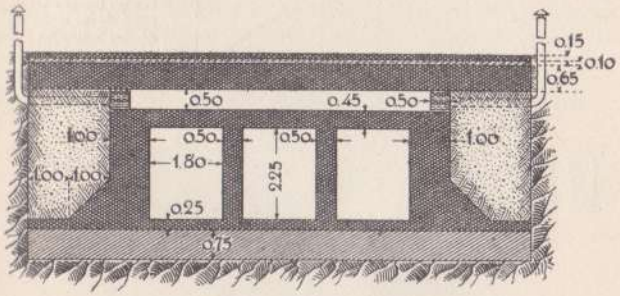

Fig. 6 - Refugio construído en el patio de unas dependencias públicas de Barcelona

Por otro lado, cuando la defensa pasiva antiaérea constituye un plan estatal, regional o municipal, con mucho tiempo y abundantes caudales para realizarla, se pueden tomar precauciones de gran eficacia; pero cuando el problema requiere una solución rápida, al par que económica, por corresponder a la iniciativa particular el llevarla a término, sufragando directamente gran parte de los gastos, no se puede ser exigente en cuanto a seguridad absoluta en relación con los medios combativos, y hay que proceder teniendo en cuenta el porcentaje de peligro que cada uno de los efectos de la agresión representa. Por ser pequeña la probabilidad de sufrir la acción directa de la explosión, respecto a la posibilidad de venir afectado por alguno de los efectos indirectos, casi siempre será ventajoso prescindir de la protección contra aquélla (previniendo, no obstante, la manera de reducir al mínimo su zona de actuación), para oponer una mejor defensa contra estos efectos (Fig. 7).

Expuesto, como antecede, el verdadero concepto que debe tenerse del **refugio** de protección de la población civil, a continuación se explanan unas ideas generales que pueden

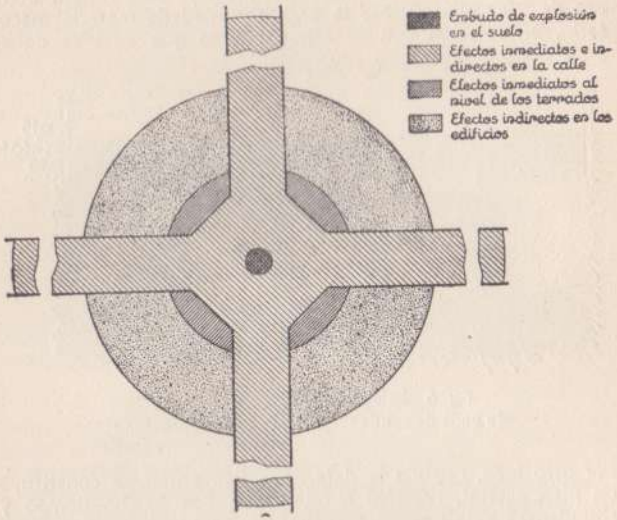

Fig. 7 - Gráfico comparativo del alcance de los efectos de una bomba caída en un cruce del Ensanche

servir de orientación para la construcción o habilitación de estos abrigos, teniendo en cuenta los procedimientos constructivos propios de nuestra localidad.

REFUGIOS EN EDIFICIOS DE NUEVA PLANTA

En algunos países se han dictado normas que obligan a establecer un refugio antiaéreo en cada edificio de nueva planta que se construya, o que se esté construyendo, con destino a vivienda, e indican al propio tiempo las condiciones mínimas que debe reunir. Si bien en nuestro país no existen aún disposiciones de este género, el más elemental instinto de conservación aconseja anticiparse a ellas,

no dejando de observar, primero en el proyecto y luego en la ejecución, todas las prescripciones teóricas y prácticas que una buena defensa pasiva requiere.

En los edificios de construcción ordinaria, al tratar de disponer un local en condiciones suficientes de abrigo contra los ataques aéreos, a forciori hay que pensar en buscarlo en los sótanos, o debajo de ellos, y sólo en casos excepcionales en la planta baja; esto aparte de la posibilidad, siempre efectiva, de situarlo al exterior, con entera independencia del edificio.

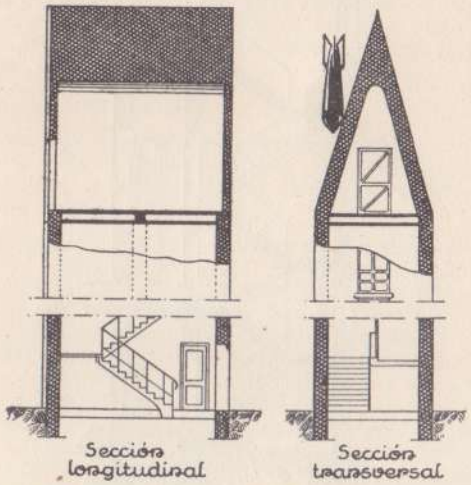

Fig. 8 - Refugio en la última planta de una construcción de hormigón armado

Pero en las construcciones de hormigón armado, especialmente en las constituídas por un esqueleto de esta fábrica y forjados de cerrammiento ligeros, así como en las de osatura metálica, e incluso en aquellas que, mediante unas vigas de trabazón y arriostramiento, se proporciona al edificio una suficiente rigidez transversal, cabe admitir otras

soluciones para el emplazamiento del refugio, habida cuenta que tales construcciones, al quedar fuertemente ligadas en todos sentidos, son capaces de resistir incluso las presiones y sacudidas laterales, atenuándose en extremo los efectos del derrumbamiento que, de producirse, es sólo parcial y retardado.

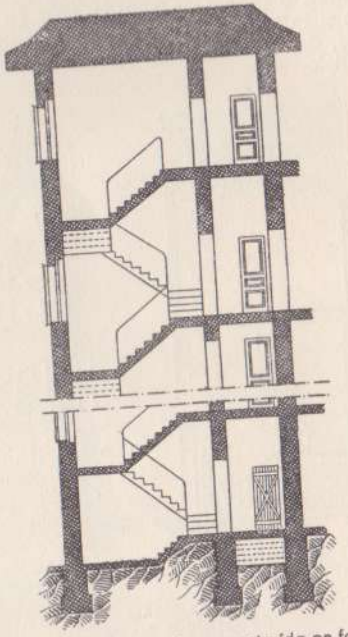

Fig. 9 - Caja de escalera construída en forma que sirva de refugio

Refugios stiuados en lo alto del edificio

Puede, por ejemplo, llevarse el refugio a las partes más altas del edificio, a base de darle en este lugar formas muy apuntadas y de suficiente resistencia, tal como indica la figura 8.

Con ello, sobre desviar la acción del impacto directo, se tiene la ventaja de que el refugio queda alejado de todos los efectos indirectos de la explosión.

Refugios en cada planta

También es posible establecer un refugio por planta, accesible, por tanto, desde cada piso, superponiéndolos en forma de columna; solución ésta de gran comodidad para los vecinos del inmueble, y de gran eficacia por la escasa superficie que presenta al impacto directo. Un caso particular de esta solución consiste en elegir como refugio la caja de escalera, blindando convenientemente su cubierta (Fig. 9). Es esta una aplicación relativamente económica y de excelentes resultados.

Refugios en los sótanos

Suponiendo que el refugio se establezca, como ocurrirá sin duda en la mayoría de los casos, en el sótano del edificio, a continuación se transcriben las principales prescripciones a tener en cuenta al proyectarlo:

1.ª Situación. — Hay que elegir el sitio menos vulnerable del sótano, haciéndolo coincidir con los puntos de mayor masa resistente del edificio, o bien en los ángulos de los cuerpos de fábrica, en donde la osatura queda más ligada, lugar que al propio tiempo ha de quedar alejado de los patios y cajas de ascensor y de escalera (a menos que estén blindadas superiormente a prueba de bomba), así como de las calderas y depósitos de materias inflamables. Son convenientes las cavas hondas y estrechas, cubiertas con bóvedas, o mejor con losas de hormigón armado, situadas entre muros de suficiente grueso para que no puedan ser destruídos ni perforados por la metralla, y que sean fácilmente accesibles desde el interior, sin que por ello dejen de tener una posibilidad de salida hacia el exterior. Debe procurarse que encima de ellas no existan dependencias en las que, por su destino, sea fácil se amontonen muebles u otros objetos de gran peso. Es prudente evitar pasen por el refugio canalizaciones de agua, gas, vapor y electricidad de cierta importancia y, aun convendría establecer un dispositivo que, manejado desde el mismo refugio, permitiese aislar todas las canalizaciones del edificio, de las generales de la ciudad. Si se trata de

un gran inmueble en el que hay que disponer varios refugios, es preferible alejar en lo posible unos de otros.

2.ª Forma. — La planta ideal es un rectángulo alargado con dos accesos opuestos. En refugios sencillos, uno de estos accesos puede venir substituído por una ventana escalable, que sirva de salida accidental. Anexa al ingreso, debe formarse la esclusa, en previsión del caso de un posible ataque con gases (Fig. 10).

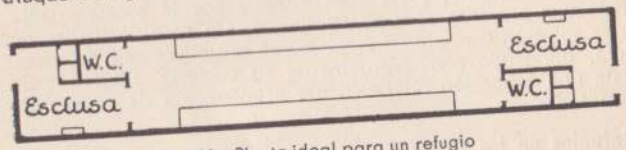

Fig. 10 - Planta ideal para un refugio

3.ª Dimensiones. — Vendrán impuestas por el número de personas a cobijar en el refugio. En planta, puede servir de norma suponer un metro cuadrado para cada dos a tres personas. En volumen, cuando no exista instalación de ventilación forzada, hay que suponer tan sólo una persona por cada 4 metros cúbicos, cantidad que representa el volumen de aire que cada una de ellas necesita para asegurarle la posibilidad de una permanencia continuada durante tres horas. Conviene reducir al mínimo el número de refugiados; se recomienda no pasar de 50 personas por local. Los refugios grandes han de subdividirse mediante paredes de grueso conveniente, bien ligadas con el suelo, techo y muros perimetrales.

4.ª Techo. — Precisa tenga, cuando menos, la resistencia necesaria para soportar, sin hundirse, la caída de los cascotes, escombros y demás elementos del edificio afectado, y tal vez derruído por la explosión, y cuando más la necesaria contra el impacto y explosión de las bombas explosivas de 100 kilos. Para el cálculo de dicho techo, en las condiciones mínimas, se ha de tener en cuenta el peso de la obra por encima del zócalo, la carga permanente de los techos y la sobrecarga efectiva. Es claro que no siempre se hunde la totalidad de la casa; no obstante, hay que pensar en la acción dinámica de los fragmentos. Ciertos reglamentos extranjeros proponen como sobrecarga adicional para el techo del refugio, las siguientes:

Sobrecarga adicional sobre el techo de un refugio, producida por el hundimiento del edificio

Hasta 2 pisos	1.500	Kg./m.²
De 2 a 4 »	2.000	»
De 4 a 6 »	2.500	»

Las luces tolerables, en metros, para una solera de hormigón armado correspondiente a las diversas cargas totales (peso propio, sobrecarga normal y sobrecarga accidental producida por el hundimiento), con gruesos varios comprendidos entre 10 y 20 centímetros, son las siguientes:

Luces tolerables para una losa de hormigón armado correspondiente a diversas cargas y gruesos

Carga total por m.²	Luz tolerable para $\sigma = 40$ y 1200 kgs./cm.² y gruesos de					
	10 cm.	12 cm.	14 cm.	16 cm.	18 cm.	20 cm.
1.000	1'85	2'28	2'72	—	—	—
1.500	1'51	1'87	2'22	2'58	—	—
2.000	1'31	1'62	1'92	2'23	—	—
2.500	1'17	1'44	1'72	1'99	2'27	—
3.000	1'07	1'32	1'57	1'82	2'07	—
3.500	0'99	1'22	1'45	1'69	1'92	2'15
4.000	0'92	1'14	1'36	1'58	1'79	2'01

Otros reglamentos, también extranjeros, aconsejan que al calcular el techo de un refugio, se supongan las siguientes cargas como producidas por el hundimiento del edificio:

Otra tabla de sobrecargas producidas por el hundimiento del edificio

Número de pisos, además de la planta baja	Edificios de hormigón armado	Techos de vigas de madera
1	2.200 Kg./m.²	2.000 Kg./m.²
2	3.300 »	3.000 »
3	4.400 »	4.000 »
4	5.500 »	5.000 »

Estas cargas dan, para las losas de hormigón armado, respectivamente, los gruesos siguientes:

Grueso de una losa de hormigón armado correspondiente a las anteriores sobrecargas

Número de pisos, además de la planta baja	Grueso de la losa en cm.			
	Apoyada por los cuatro lados		Apoyada por dos lados	
	Luz 4×4 m.	Luz 5×4 m.	Luz 4 mt.	Luz 5 mt.
1	21	21	21-27	26-34
2	21	21-24	25-32	31-40
3	23	23-27	27-35	33-34
4	23-25	27-30	30-39	37-38

Y por último, otros reglamentos, igualmente extranjeros, después de afirmar que el techo de un refugio debe resistir la caída de la estructura que se halle encima de él, más una carga de 450 Kg./m.², fijan para el cálculo estático correspondiente, las siguientes normas: **a**) Cuando la estructura y techos sean de hormigón armado, debe considerarse sobre el techo del refugio una sobrecarga uniformemente repartida, sin aumento dinámico, igual al peso de tres techos, más la mitad del correspondiente a los muros. **b**) En el caso de muros corrientes y techos de entramado metálico con bovedillas, la carga anteriormente indicada deberá corresponder al peso de todos los techos que se hallen por encima del refugio, más la mitad del correspondiente a los muros de tres plantas. En ambos casos pueden admitirse coeficientes de seguridad mayores que los normales, hasta un máximo de 1.800 y 100 Kg., respectivamente, para el hierro y hormigón. El grueso del techo resultante, nunca debe ser inferior a 25 cm., y los cálculos de espesor se han de hacer a base de colocar hierro a la compresión en armadura simétrica a la estirada. A las armaduras resultantes deben añadirse otras dos, en sentido normal a las primeras, con varillas de igual diámetro, separadas (tanto las de las unas como las de las otras) todo lo más 20 cm., constituyendo, el conjunto, dos redes de falsas mallas, unidas entre sí por estribos, y distante cada una 2 cm. respectivamente de la cara superior e inferior de la losa.

Aplicando este último método al sistema constructivo propio

de los edificios de nuestra ciudad, constituídos por techos ligeros (bovedillas sobre vigas con los senos macizados = 200 a 300 Kg. por metro cuadrado, según la altura de las vigas), paredes interiores de carga delgadísimas y poco pesadas (fábrica de ladrillo de 0'15 m. de grueso = 240 kilógramos por metro cuadrado), tabiques también delgados y ligeros, trabados a las paredes y techos (60 Kg. por metro cuadrado), resultan sobrecargas, procedentes del hundimiento del inmueble, muy inferiores a las propuestas en las dos primeras tablas. Las cifras de dichas dos tablas pueden, por tanto, reducirse prudencialmente, máxime teniendo en cuenta que la caída de todos los elementos no es simultánea, sino que transcurre un lapso de tiempo entre el comienzo y el final del hundimiento, y que la fuerza viva de los elementos de gran peso que caen de mucho altura, queda atenuada por los pisos intermedios y por el cojín de escombros ya amontonados, así como que el coeficiente de seguridad

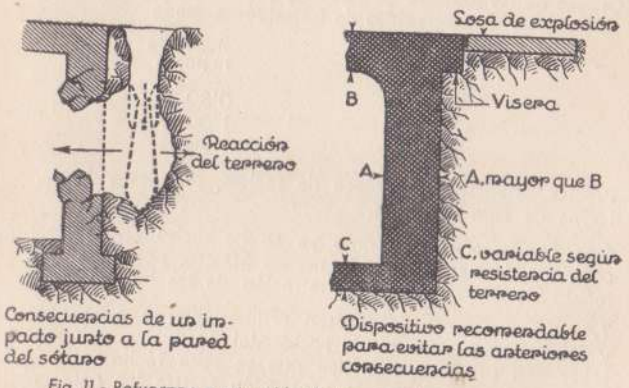

Fig. 11 - Refuerzo y protección de las paredes de un sótano

con que se calculan normalmente las estructuras nunca es inferior a 1/5. Cabe, no obstante, llamar la atención sobre lo peligrosas que son las vigas, que, al caer, llegan al techo resistente con un ángulo de incidencia favorable.

5.ª Paredes. — Conviene queden enterradas o que sobresalgan relativamente poco respecto al terreno. Su grueso dependerá de la fábrica empleada, teniendo en cuenta, para las enterradas, que de no construirse una visera de protección, continuada luego por una losa de explosión al nivel exterior del terreno (Fig. 11), su grueso habrá de ser mayor del que correspondería a una simple pared de protección, debido a que ha de resistir además al esfuerzo derivado del atraque del terreno («bourrage») Este esfuerzo de reacción puede disminuirse facilitando la expansión de los gases, separando la pared del terreno natural mediante otra pared de piedra en seco, de 0'50 m. de grueso. El efecto combinado de soplo, sacudida y atraque, llega a ser tan considerable, que ciertos autores aconsejan que, cuando las paredes de sótano (y aun las de planta baja), estén poco cargadas y se construyan de hormigón armado, se les dé los siguientes gruesos:

Grueso de las paredes de sótano y planta baja, poco cargadas, construídas de hormigón armado

Peso de la bomba	Grueso de la pared
50 Kg.	0'80 m.
100 »	1'00 »
300 »	1'50 »

Precisa establecer el enlace de techos, paredes y suelo, en forma de caja continua.

6.ª Fundaciones. — Como ya se ha dicho anteriormente, conviene desciendan por lo menos 50 cm. por debajo de la máxima profundidad de penetración de las bombas.

7.ª Aberturas. — Se limitan ordinariamente a la entrada y a la ventana para salida accidental, la cual conviene proteger con una reja metálica que se abra fácilmente desde dentro. Claro está que la protección contra los gases obligará, en su caso, a proveer el refugio de puertas y ventanas de cierre hermético y a tapar completamente todas las juntas. Si el refugio tiene acceso directo desde el exterior, tan pronto se inicie el peligro de bombardeo, es indispensable adicionarle una pantalla protectora a prueba de soplo y metralla (Fig. 12).

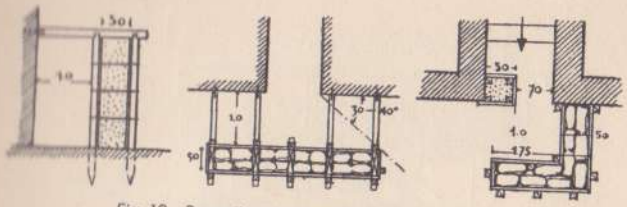

Fig. 12 - Pantallas y mamparas de protección contra el soplo y la metralla

Refugios situados bajo el sótano

La figura 13 representa un modelo de refugio bajo sótanos, con un acceso por la escalera y otro por el ascensor; éste permite la evacuación rápida de los pisos. Para el caso de destrucción del primer acceso e interrupción del funcionamiento del ascensor, la caja del mismo está provista de una escalera vertical, con barrotes de hierro, en el tramo correspondiente al refugio.

Refugio propuesto por el ingeniero Stellingwerff

La teoría en que se basa este tipo de refugio, es la siguiente:

Si una bomba cae en un edificio de varias plantas en dirección al refugio, que se supone situado en los sótanos, pueden suceder tres cosas **a**) Que la bomba, en virtud del frenaje, explote antes de alcanzar la cubierta del refugio (lo que puede admitirse como muy probable en construcciones con más de ocho techos de hormigón armado), siendo entonces suficiente que la indicada cubierta sea apta para soportar la caída de la estructura superior. **b**) Que la bomba explote en el momento de llegar al techo del refugio, en cuyo caso el espesor de éste deberá ser suficiente para resistir los efectos de la explosión (sin penetración), lo que se conseguirá normalmente con espesores de hormigón armado de 0'80 a 1'00 m. **c**) Y por último, que la bomba penetre parcialmente en el techo del refugio, explotando seguidamente, para contrarrestar lo cual es necesario sumar a los 0'80 a 1'00 m. antes indicados, la porción corres-

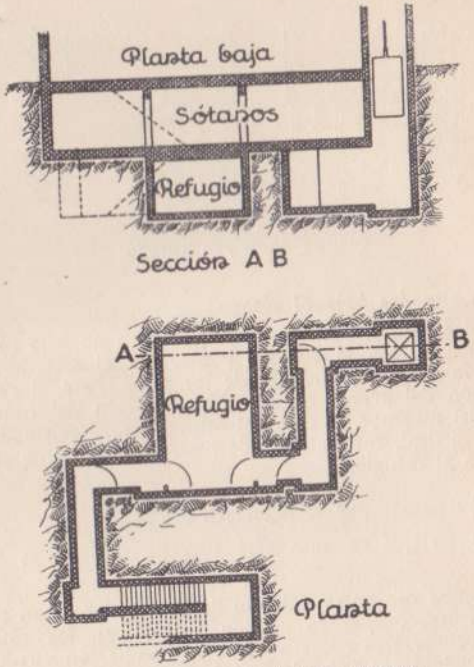

Fig. 13 - Refugio situado bajo el sótano

pondiente a la penetración, obteniéndose espesores comprendidos entre 1'20 y 1'50 m.

Pues bien; en esta última hipótesis, el ingeniero Stellingwerff, para disminuir el espesor de la cubierta y aumentar al propio tiempo el coeficiente de seguridad, aconseja separar la capa resistente a la penetración, de la que ha de resistir a la explosión, interponiendo una cámara de aire. (Fig. 14). Si a la primera de estas estructuras se le asigna un espesor tal que ocasione el paro de la bomba y su explosión antes de alcanzar la cámara de aire, lógicamente, la

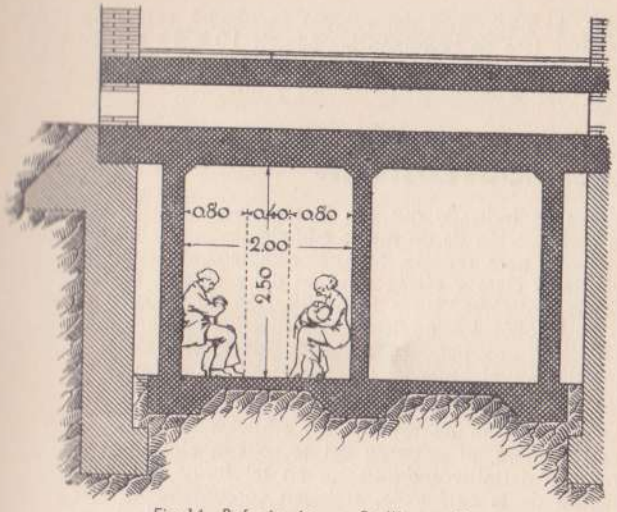

Fig. 14 - Refugio sistema Stellingwerff

segunda quedará sólo sujeta a la caída de la estructura superior y a los efectos indirectos o secundarios de la explosión.

En cuanto a las paredes laterales, construídas de hormigón armado, aconseja este ingeniero, se unan sólidamente a la cubierta, haciendo penetrar los hierros de una en otra. Recomienda igualmente dejar un espacio o cámara de aire alrededor del refugio, convirtiéndolo en independiente del resto de la estructura del edificio, o a lo menos, disponer un ancho espacio de piedra en seco, que lo separe del terreno. El espesor de dichas paredes será de 25 a 30 cm., aunque debería ser bastante mayor si se admitiera la hipótesis de que una bomba pudiera caer rozando a estas paredes y explotar en su contacto; pero esto se puede evitar prolongando la cubierta del refugio por encima del espacio o cámara de aire de que se ha hablado, y aun más allá de los muros perimetrales, dando a esta prolongación un perfil apropiado para desviar la bomba y llevarla a explotar más

lejos. El pavimento del refugio convendrá esté constituído por una losa de hormigón armado de 10 a 12 cm. de espesor, que actuará como una losa de trabazón general a fin de evitar la aparición de fisuras y grietas.

HABILITACIO DE REFUGIOS EN EDIFICIOS EXISTENTES

Ya se ha indicado que, en lo sucesivo, no debe permitirse la construcción de un nuevo edificio sin prever un local conveniente para refugio. Natural complemento de esta observancia, y clara y eficaz solución del problema de la defensa pasiva antiaérea, fuera la habilitación de refugios en todos o casi todos los edificios existentes. La obligatoriedad de sacrificar una pequeña parte de los locales de las plantas inferiores y efectuar las obras necesarias a dicho objeto, sería un medida de buen gobierno.

La habilitación de refugios en edificios existentes, implica, casi siempre, el refuerzo del techo con elementos provisionales o definitivos dispuestos en tal forma que, en el momento de la catástrofe, trabajen conjuntamente con aquél. Empero, hay que advertir que el apuntalamiento en sitios donde no actúen fuerzas, puede ser contraproducente.

Las consolidaciones eventuales, en algunos países, suelen hacerse con maderas creosotadas y en piezas numeradas que puedan montarse rápidamente por personal inexperto, poniéndolas en tensión mediante cuñas, palancas, o tornillos.

Locales situados en última planta.

Los locales situados en plantas altas, excepto en los edificios de hormigón armado y dando a su cubierta formas muy apuntadas, difícilmente pueden ser habilitados como refugio, ya que, si bien son relativamente fáciles de proteger contra las bombas incendiarias (de 1/4 a 5 Kg.) no lo son, en cambio, contra la acción directa de las explosivas, las cuales habría que detener mediante un terrado blindado, lo que, como ya se ha dicho, es un recurso carísimo y peligroso.

Las bombas incendiarias que hoy se emplean, son de electrón y termita que, al inflamarse, se convierten en una masa flúida, incandescente y crepitante.

Para apagar el incendio iniciado por una bomba, debe recurrirse preferentemente a la arena bien seca, u otras materias refractarias igualmente secas, tales como yeso o cemento. Los extintores pueden también dar buen resultado (excepto las de tetracloruro de carbono que, en el interior de locales cerrados, se convierte en tóxico). El agua lanzada directamente sobre la bomba queda instantáneamente descompuesta en sus gases componentes y la masa explota, avivando, por tanto, el incendio y facilitando su propagación, en vez de apagarlo. En consecuencia, el agua de extinción ha de mojar los elementos incendiados, pero no se ha de lanzar nunca encima de la bomba.

Las bombas incendiarias, como ya se ha indicado, son ligeras, a fin de que los aviones puedan llevar muchas y lanzarlas a cortos intervalos. Por la gran velocidad de incidencia, ordinariamente, agujerean los tejados y los terrados delgados, provocando incendios en los devanes, a menudo repletos de trastos inflamables.

Si la bomba, realmente, puede atravesar la cubierta, conviene proteger el techo del último piso con un pavimento continuo encima de un grueso de arena tostada; además de esta providencia, se procurará eliminar de los desvanes todos los elementos inflamables y si en algún sitio fuesen indispensables (armaduras, jácenas, entarimados, arrimaderos) se ignifugarán; de no disponerse de elementos para ello, se recubrirán con una capa de yeso de 3 cm. de grueso, capaz de preservar la madera de la acción del fuego durante tres horas. En estos locales es aconsejable se tengan siempre dispuestos una o dos palas y rastrillos de mango largo, con la anilla o cruceta revestida de amianto.

El terrado construído a la catalana, con vigas y bovedillas macizadas, tabiquillos formando cámara de aire, solera de tres gruesos de rasilla y embaldosado, además de resultar incombustible, es difícilmente atravesado por las bombas incendiarias. Con todo, para una mayor seguridad, se aconseja extender encima una capa de arena bien seca que haga de almohada y reparta la carga producida por la fuerza viva de la bomba en una mayor superficie. Mas teniendo en cuenta el gran peso específico de la arena (de 1.500 a 2.000 Kg. por metro cúbico, según el grado de humedad),

no es prudente que la mentada capa pase de 10 cm. de grueso, al objeto de no sobrecargar excesivamente el envigado que sostiene el terrado, generalmente calculado para un peso inferior al que realmente tiene esta clase de cubierta. En otro caso, habría que reforzar los elementos resistentes que hacen de soporte. Si se tiene presente que este grueso ofrece muy poca resistencia a la penetración y en cambio su peso muerto es considerable, resulta que esta sobreprotección no tiene tantas ventajas como a primera vista parece. Caso de emplearse, se ha de evitar que la arena pueda ser arrastrada hacia los desagües, conteniéndola con gravilla y un enrejado de hierro con tela metálica. Si es posible, conviene proteger la arena superiormente con un material impermeable, a fin de que no se humedezca.

En los edificios aislados, es oportuno proteger de las bombas incendiarias las cubiertas y terrazas, mediante redes metálicas que se sujetan a soportes elásticos galvanizados y bien unidos a los elementos de estructura. Las bombas son rechazadas por reacción de los muelles o, si la cubierta es plana, permanecen inocuas encima de la red.

Locales situados en plantas intermedias

Ya se ha dicho que las casas de construcción ordinaria difícilmente resisten la caída de bombas de peso mediano. Si una bomba explosiva de este calibre cae en un edificio, atraviesa la cubierta y sucesivos pisos, y explota en uno de éstos, en la planta baja o en los sótanos, según sea la fuerza viva de caída, la resistencia de los techos (que actúan como débiles losas de explosión los superiores, y de superficies de frenaje, de escaso efecto, los restantes) y el retardo con que pueda estar graduada la espoleta.

En el supuesto de que en el inmueble no existan sótanos o planta baja acondicionados como se dirá, y contando con que la mayor parte de las bombas que suelen lanzarse sobre la población civil son de poco peso, la protección de los techos puede, alguna vez, ser eficaz. En este caso, si no se quiere o no se puede abandonar el edificio en busca de otro mejor abrigo, es prudente trasladarse a la planta inmediata superior a la baja, situándose en las crujías interiores, alejado de las fachadas y paredes que den a espacios descubiertos, especialmente si éstos son grandes (patios interiores de manzana, solares sin edificar), así como de las

puertas, ventanas y balcones, por donde pueda penetrar la metralla o los cascotes y tierras proyectados por la explosión al hundirse el proyectil en el suelo y explotar (los cristales pueden romperse, proyectándose los fragmentos; conviene colgar detrás una cortina de tela fuerte).

En el caso de un bombardeo terrestre o marítimo, se ha de tener, además, en cuenta, la posible dirección desde la cual se dispara.

Locales situados en plantas bajas

Estos locales son totalmente inaceptables como refugio, aunque sus paredes tengan el espesor suficiente, si no se proveen, al menos lateralmente, de una firme protección contra la acción directa de la metralla y proyección de cascotes que puedan penetrar por las aberturas de fachadas y patios, y si el techo de los mismos no puede soportar la caída del resto del edificio; debidamente protegidos y consolidados, pueden estar en mejores condiciones que los pisos inmediatos superiores, por tener interpuesto un techo más.

Si, como complemento, se efectúa una protección superior, entonces pueden llegar a ser buenos.

La protección lateral puede realizarse:

A) Reforzando, si precisa, los muros existentes y macizando las aberturas. — Cuando los muros exteriores son de buena fábrica resistente, han de tener los siguientes gruesos mínimos:

Espesores mínimos de los muros exteriores de planta baja

Fábrica	Grueso mínimo
Mampostería	45 cm.
Ladrillo	50 »
Hormigón en masa	35 »
Hormigón armado	25 »

Si las fábricas no son de excelente calidad o no están suficientemente cargadas, este mínimo se ha de suponer aumentado en un 25 y hasta en un 50 por 100. Cuando los gruesos son inferiores a los indicados, además de trabarlos debidamente (Fig. 15), se pueden revestir las paredes con un contramuro, con preferencia de hormigón, anclado a tierra

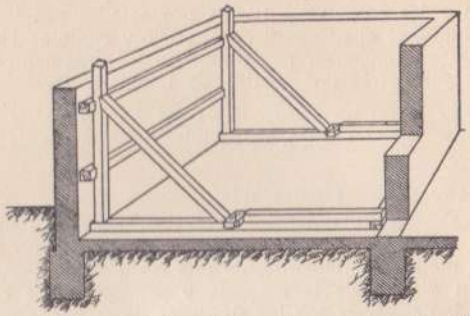

Fig. 15 - Apuntalamiento lateral de un muro de fachada

y a la pared que se trata de reforzar, hasta conseguir el grueso mínimo de resistencia equivalente (Fig. 18). Esta protección puede ejecutarse también con sacos terreros, ataluzados de 1/4 a 1/6 a fin de conseguir su estabilidad. El macizado de las aberturas puede efectuarse con una de las fábricas indicadas, con grueso resistente equivalente al

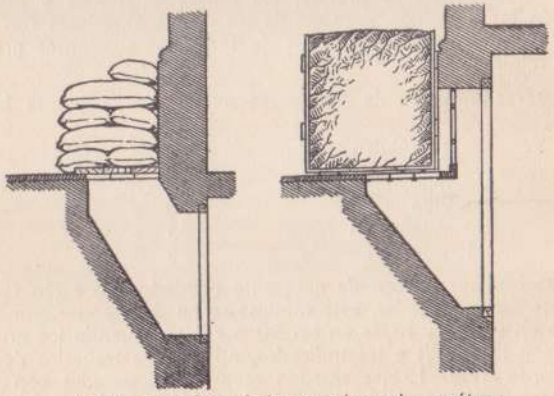

Fig. 16 - Protección de los tragaluces de un sótano

de las paredes en que están establecidas, o bien con sacos terreros puestos a soga y tizón, en forma que den un grueso mínimo de 0'50 m. y con los taludes antes indicados (Figura 16).

B) Subdividiendo el local en compartimientos convenientemente protegidos. — La finalidad de esta subdivisión, como ya se ha apuntado en otro lugar, es la de reducir la zona de actuación de los efectos inmediatos de la explosión, y, por tanto, de localizar las pérdidas en un espacio menor. Los compartimentos se obtienen mediante paredes bien ancladas al suelo y a las paredes maestras del edificio, formando pasos en zig-zag, los cuales, al tiempo que disminuyen el efecto del soplo, interceptan el paso de la metralla. Estas paredes pueden estar constituídas por toneles o cajas de madera de 0'70 m. de ancho, llenas de tierra, arena o grava, o bien por dobles tabiques de tablones de 7 cm. de grueso, dejando una separación entre ellos de 0'30 m. mínimo, espacio que se llenará de tierra bien apisonada; los tablones han de quedar empotrados en el suelo y perfectamente trabados por la parte superior. También pueden construirse estas paredes con cualquier fábrica de las antes indicadas al hablar de las paredes exteriores, incluso los sacos terreros, con los gruesos mínimos que allí se indican.

La protección de la parte superior de este género de refugios, presenta mayores dificultades; pues si bien el número de techos que existe encima, según sea el procedimiento constructivo de los mismos, puede representar un mayor o menor frenaje del proyectil, restándole velocidad de caída y, por tanto, fuerza viva, con lo cual se disminuye su poder de penetración, no deja éste de ser considerable. Precisa, además, organizar la resistencia del techo en forma que pueda soportar, sin hundirse, la caída del edificio producida por los efectos inmediatos e indirectos de la explosión (Figuras 17 y 18).

Locales situados en sótanos y semisótanos

Son, en general, los que reúnen, dentro del edificio, mejores condiciones de seguridad, siempre que dispongan de un buen acceso, estén suficientemente ventilados y tengan, a lo menos, una salida accidental. Es de desear reúnan las condiciones detalladas al hablar de los de nueva construcción.

La protección lateral de estos locales, acostumbra a ser buena, puesto que sus paredes son, generalmente, gruesas. Esto no obstante, hay que recordar aquí lo dicho anteriormente respecto a la acción combinada, contra esta clase de muros, de los efectos indirectos de la explosión, especialmente el soplo y la sacudida, con el atraque debido al terreno. Ha de darse también por reproducido lo dicho respecto al macizado de aberturas, para aplicarlo a las ventanas y tragaluces (Fig. 16). Si por los accesos, escaleras de ingreso, salida accidental, tubos de ventilación, patios del edificio, caja de escalera, claraboyas, etc., fuera posible llegase al sótano la acción directa de una bomba, metralla o proyección de cascote, precisaría defender convenientemente este punto débil, macizado el paso o interceptándolo mediarnte pantallas o mamparas de protección, siguiendo las instrucciones a que se acaba de hacer referencia.

La protección superior, destinada generalmente tan sólo a poner el sótano en condiciones de resistir la sobrecarga que representa la caída total o parcial del edificio, peligro del cual conviene estén siempre asegurados esta clase de locales, puede aumentarse, disponiéndola en forma que los proteja de los efectos directos de las bombas. Respecto a la citada sobrecarga, ya se ha indicado al hablar de los edificios de nueva planta, la cuantía en relación al número de pisos del edificio, así como las razones que permiten reducir prudencialmente aquellas cifras.

Son numerosas las formas en que se puede obtener el refuerzo de un techo existente; en cada caso se empleará el procedimiento que más se avenga con sus características constructivas. Las bóvedas, por ejemplo, que generalmente son las que necesitan menos refuerzo si están bien contrarrestadas (si no es así, precisa reforzar los arranques o atirantarlas), por tener ordinariamente más masa que los otros techos, pueden reforzarse con tímpanos, siguiendo sus directrices, que las subdividan y soporten tabloncillos en el sentido de las generatrices (Fig. 17). Con esta disposición se aprovecha además la rigidez y mayor resistencia que le da el momento de inercia transversal de la bóveda. Estos tímpanos pueden apoyarse sobre tablones de canto debidamente sostenidos por pies derechos de madera gruesos, cuadrados o redondos.

En los envigados, puede aumentarse su resistencia disminuyendo su luz, mediante soportes intermedios (el aumento de resistencia es proporcional al cuadrado del número de tramos obtenido), o bien apoyándolos sobre traviesas sostenidas por puntales bien calzados sobre tablones, y colocando parederas para evitar presiones excesivas en los apoyos. Las

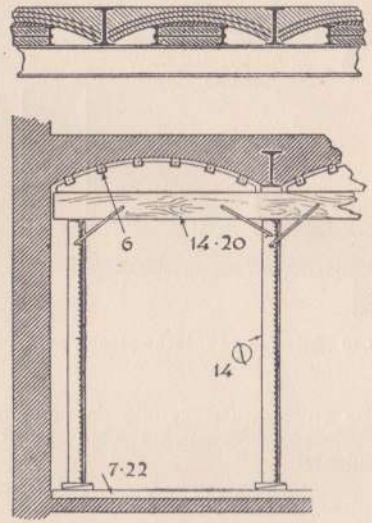

Fig. 17 - Refuerzo de bóvedas y bovedillas

soleras se consolidarán subdividiendo su luz, y las bovedillas adaptándoles debajo encofrados o lechos. Las uniones se asegurarán con grapas. También puede efectuarse un refuerzo definitivo y de gran eficacia, colocando un emparrillado de vigas o construyendo un techo de hormigón armado, debajo del existente (Fig. 18).

La protección del techo contra el impacto directo, puede conseguirse colocando encima o debajo del mismo una losa de hormigón del grueso correspondiente, calculada teniendo en cuenta el efecto de frenaje de la construcción superior,

o bien construyendo independientemente, en el interior del sótano, el verdadero refugio (Fig. 19).

El mencionado efecto de frenaje, reducido a cifras i fijando

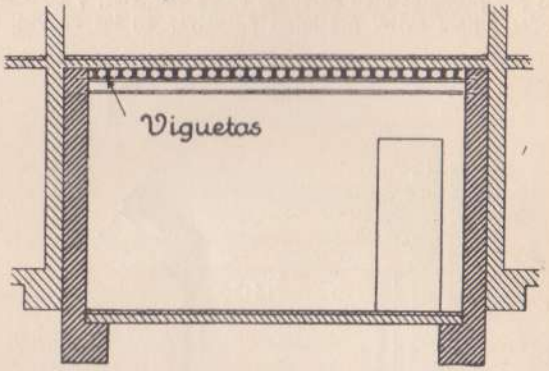

Fig. 18 - Refuerzo de un techo plano y paredes

su equivalencia en grueso supletorio de tierra o de hormigón armado, colocado directamente sobre el techo del refugio, es el siguiente:

Frenaje debido a los techos

Techos	Tierra	Hormigón armado
Ordinario, apuntalado	0'30 m.	0'03 m.
Hormigón armado, 0'05 m. de grueso	0'30 »	0'03 »
Idem de 0'10 m. ídem	0'80 »	0'08 »
Idem de 0'15 m. ídem	1'20 »	0'12 »

Se aconseja apuntalar los techos de hormigón armado con miras a contrarrestar la poca aptitud de esta fábrica, cuando su masa es ligera, para resistir golpes secos.

Las escaleras que conducen a los sótanos, no conviene sean

demasiado estrechas (mínimo 0'60 metros), ni en extremo forzadas. Los escalones no medirán menos de 0'25 m. de huella y, si es posible, entre ésta y su altura, existirá la siguiente relación: dos veces la altura más la huella, será igual a 0'64 m. Se evitarán tramos largos, subdividiéndolos

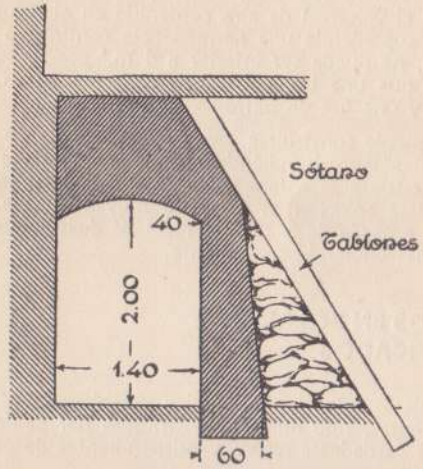

Fig. 19 - Refugio en el interior de un sótano

con rellanos, y no se admitirá, en absoluto, que la escalera no disponga de una baranda resistente. Si la escalera no reúne estas condiciones, procederá derribarla y construir otra en su lugar.

Debiendo siempre calcularse la cabida de los refugios a base de que la gente pueda permanecer sentada (no todas las personas tienen la resistencia física necesaria para permanecer en pie tres horas seguidas en el estado de ánimo consiguiente a una alarma, máxime si el enrarecimiento del aire o el calor contribuyen a disminuir las condiciones a ello favorables, contagiándose fácilmente a los demás la desmo-

ralización que al perder resistencia se apodera del individuo), no es prudente pretender cobijar en ellos más de dos personas por metro cuadrado de superficie, cifra que puede ampliarse hasta tres, si se trata de niños (caso de una escuela).

Si la ventilación no está perfectamente asegurada, el número de plazas vendrá regulado, como ya se ha dicho en otro lugar, por el volumen de aire contenido en el refugio, volumen que, suponiendo una permanencia continuada en él de tres horas, no puede ser inferior a 4 m.³ por persona. Debe advertirse que una bujía esteárica consume ½ m.³ de aire por hora, y una luz de petróleo, de 2 a 2'50 m.³

También puede construirse una mina partiendo de la planta baja o del sótano, hundiéndola debidamente en el terreno. A veces, cuando el sótano no ocupa toda la extensión del edificio, esta solución se presenta muy favorable, ya que, situada la entrada de la mina a nivel de dicho sótano, puede luego ir descendiendo suavemente.

REFUGIOS EN SOLARES NO EDIFICADOS

En los solares sin edificar pueden establecerse, desde simples trincheras, tipo militar, constituídas por zanjas sin cubrir, hasta verdaderos refugios independientes de gran cabida y seguridad.

Pero la solución más conveniente, para esta clase de emplazamientos, es la formación de un refugio eficaz y de bastante capacidad, a base de construir los sótanos de un futuro edificio. Procede, primeramente, excavar las zanjas que han de ser luego paredes y cimientos, cortando después el terreno, en forma que sirva de cimbra a las bóvedas de hormigón. Se procurará que estas bóvedas no tengan menos de 0'75 m. de grueso en el sitio más delgado. Entonces se procederá a llenar todo el conjunto con hormigón de 300 kilogramos de cemento portland artificial por m.³ (en volumen aproximadamente, una parte de cemento, dos de arena y cuatro de grava), enterrando en él, a unos 20 cm. de la cara superior, una red de varillas de hierro de 20 mm. de diámetro, colocadas cada 16-17 cm. (6 por metro lineal),

formando un doble emparrillado, o falsa malla, siguiendo direcciones perpendiculares entre sí. Cuando el hormigón haya fraguado, se procederá a excavar el sótano, amontonando la tierra encima de las bóvedas, cuya tierra podrá terminarse superiormente con una losa de explosión. El extradós de las bóvedas se dejará sensiblemente horizontal, con ligeras inclinaciones, a fin de lanzar hacia el exterior las aguas que puedan filtrar a través de la tierra, impermeabilizando inclusive, si se cree conveniente, esta superficie, para evitar humedades en el interior del refugio. Además, al objeto de que las aguas se escurran fácilmente, conviene interponer entre el hormigón y las tierras una capa de grava. Por lo demás, estos subterráneos habrán de reunir todos los otros requisitos más arriba detallados. A veces, en estos refugios, se prefiere construir primeramente las bóvedas en la forma indicada, fabricando luego las paredes, a manera de recalce, al extraer las tierras.

A los efectos del cálculo de la compresión que transmiten los cimientos al terreno, se ha de tener en cuenta el peso de la tierra que se amontonará encima de las bóvedas, el cual, por más que nunca será simultáneo con el del edificio que el día de mañana se construya, puede llegar a representar una carga unitaria superior a la del citado edificio. Con todo, el carácter accidental de esta carga y la forma tan uniforme de actuar, permiten hacer trabajar el terreno a un coeficiente de seguridad relativamente reducido.

REFUGIOS INDEPENDIENTES

En muchos edificios no hay manera de construir refugios de suficiente seguridad, lo que igualmente sucede en la mayoría de las construcciones industriales, alguna de las cuales puede ser considerada como objetivo militar. Precisa, pues, solucionar el problema de proporcionar abrigo a los vecinos de los primeros y al personal de los segundos, mediante la construcción de **refugios independientes** colectivos en plazas y calles anchas, o en grandes patios. Por ejemplo, un refugio colectivo en el patio central de una manzana del Ensanche, para uso de los habitantes de toda ella.

En estos casos, es necesaria una gran resistencia al impacto,

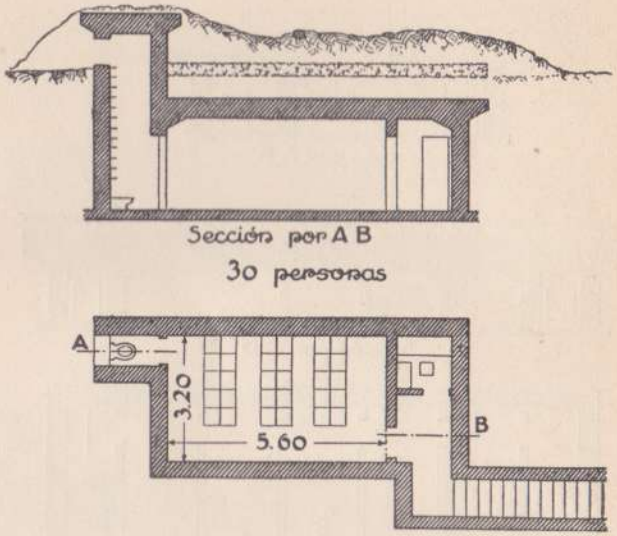

Fig. 22 - Tipo sencillo de refugio para 30 personas

estaca. La protección contra la acción lateral de las bombas, se consigue hincando más hondo los perfiles perimetrales (Fig. 23).

Con la idea de disminuir la probabilidad del impacto, Schindler propone los refugios de pisos de sección circular (Figura 24). La cubierta es una robusta cúpula, en el grueso de la cual se dispone el depósito de agua; los pisos se comunican entre sí por una escalera de caracol central. Una vez hormigonado el cilindro, se clava en el terreno como si fuese un pozo de fundación.

Un tipo también de planta circular, pero de techo apuntado, es el que preconizan ciertos ingenieros belgas, representado en la fig. 25 en sus tres adaptaciones: subterránea, semienterada y totalmente elevada sobre el terreno.

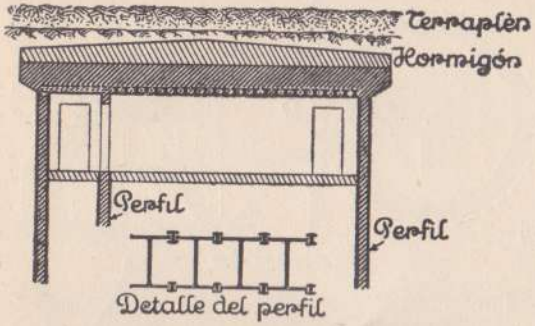

Fig. 23 - Refugio construído con perfiles metálicos

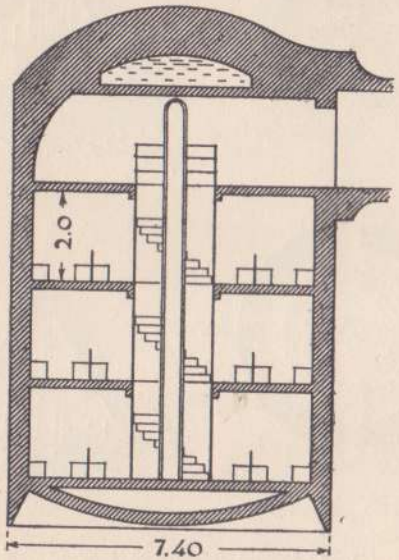

Fig. 24 - Refugio de pisos sistema Schindler

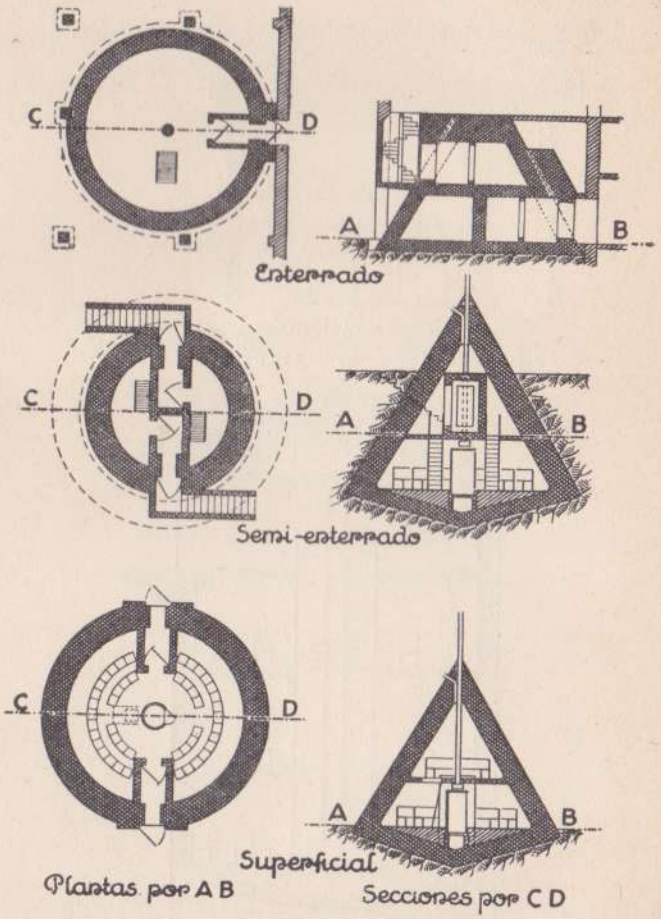

Fig. 25 - Refugio circular con techo apuntado

Un emplazamiento indicado para refugios colectivos son los cruces de tráfico intenso o las inmediaciones de mercados o de centros importantes de abastecimiento de las poblacio-

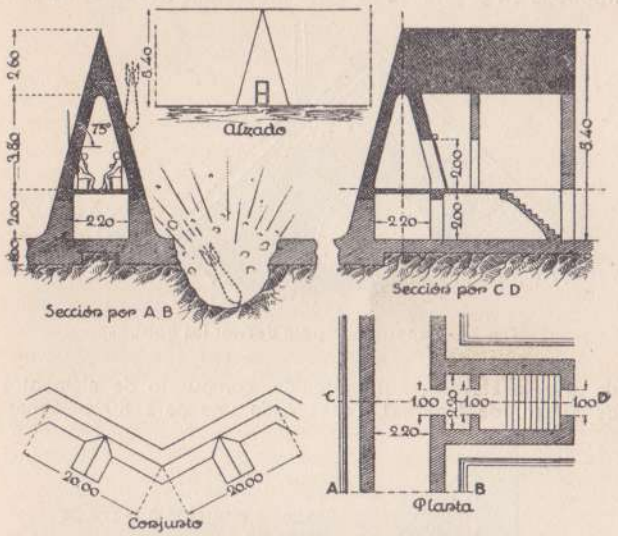

Fig. 26 - Refugio autoprotegido

nes. Precisa, no obstante, observar escrupulosamente el principio celular tantas veces recomendado, si se quiere alejar el peligro de lamentables accidentes que han acaecido muchas veces en las estaciones de metro.

PROTECCION DE REFUGIOS NO ENTERRADOS

Los dos medios más eficaces para proteger los refugios no enterrados, consisten en favorecer la desviación de la bomba y en provocar su explosión prematura, mediante formas apuntadas, emparrillados y losas de explosión, dispuestos tal cual

se indicó al hablar de la protección contra el impacto y sus efectos.

Inspirado en el primero de estos procedimientos es el modelo

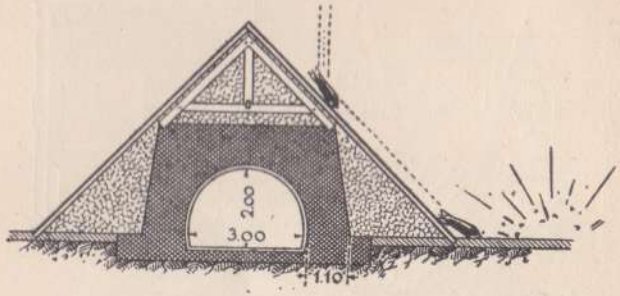

Fig. 27 - Emparrillado para desviar las bombas

de refugio elevado, autoprotegido, compuesto de elementos de 20 m. de longitud, capaz cada uno para 80 personas,

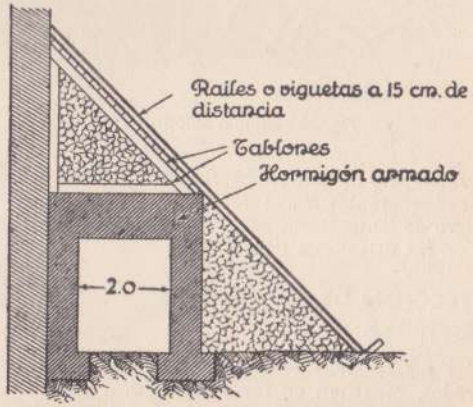

Fig. 28 - Refugio adosado a un edificio, con emparrillado de protección

que representa la figura 26, preconizado por una revista científica francesa.

Los emparrillados de protección (Figs. 27 y 28) están constituídos, generalmente, por tablones de madera de 3"×9" o por vigas de hierro de medidas semejantes, colocados de canto, y espaciados, máximo, a 0'15 m., colocados sobre otros tablones o vigas transversales, bien apuntalados, siguiendo, los superiores, la dirección de las líneas de máxima pendiente de la superficie inclinada.

Cuando los emparrillados se emplean para conseguir el frenaje del proyectil, se han de colocar encima del techo y no debajo del mismo, ya que su efecto principal es el de retardar su marcha, a fin de que la explosión se verifique lo más arriba posible de su recorrido. Los elementos constitutivos del mismo, precisa sean lo suficientemente largo para que sus extremos queden empotrados en las paredes, en previsión de un hundimiento total del techo por efecto del soplo. Tampoco está de más proteger inferiormente dicho techo con un entablonado bien apuntalado, a fin de evitar los daños que pudiera producir en su caída.

Las losas de explosión, si se construyen de hormigón armado, han de tener los siguientes gruesos:

Grueso de las losas de explosión de hormigón armado

Colocadas horizontalmente

Peso de las bombas	Grueso de la losa
50 Kg.	65 cm.
100 »	85 »
300 »	125 »

Inclinadas a 45° (frenaje integral)

Peso de las bombas	Grueso de la losa
50 Kg.	45 cm.
100 »	65 »
300 »	90 »

TRINCHERAS Y GALERIAS DE MINA

Trincheras o zanjas de refugio sin cubrir

Sólo pueden servir para personas mayores y entrenadas (Fi-

gura 29). No son recomendables, no tan sólo por el efecto moral de poca protección (moral más que material, puesto

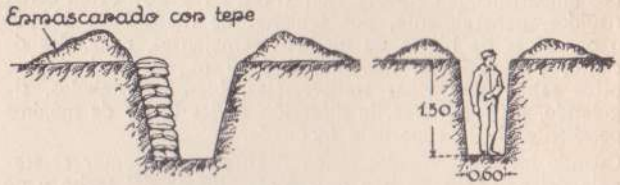

Fig. 29 - Trincheras descubiertas

que el impacto directo en una trinchera es poco probable y aun en el caso desgraciado de que esto sucediese, quedarían

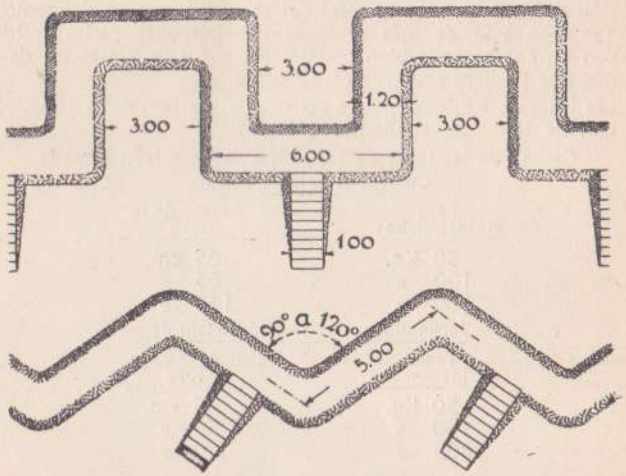

Fig. 30 - Trazado de las trincheras de refugio

muy localizados sus efectos), sino también por las dificultades de evacuación de las aguas de lluvia y posible caída

encima de ellas de algún edificio próximo (conviene alejarlas 100 metros, a lo menos, de los edificios). En todo caso, si se construyen, tendrán las paredes inclinadas y protegidas,

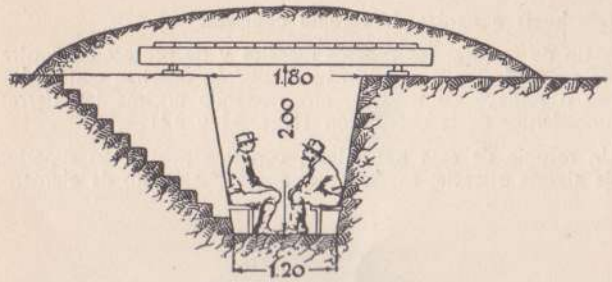

Fig. 31 - Trinchera cubierta

cuando la naturaleza del terreno lo requiera, con maderas, fajinas, gaviones o sacos de tierra. Su profundidad será de 1'50 a 2'00 m. y tendrán en la base de 0'60 a 0'80 m., para una

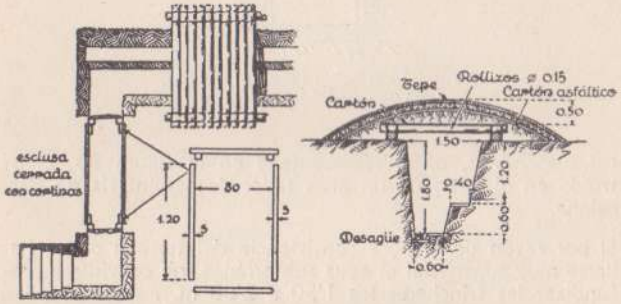

Fig. 32 - Trinchera cubierta con entrada de esclusa

sola fila (dos personas por m. l. de trinchera) y 1'20 para dos hileras (cuatro personas por m. l. de trinchera). En su parte alta bastará generalmente darles 0'60 m. más de anchura.

Su trazado será en zig-zag, cremallera, curva sinuosa, etc., pero ninguna alineación recta tendrá más de 5'00 m. de largo (Fig. 30).

Trincheras o zanjas de refugio cubiertas

A fin de mejorar los efectos morales y de protección contra las aguas de lluvia, las trincheras podrán cubrirse con tablones o rollizos de madera, amontonando encima las tierras procedentes de la excavación (Figs. 31 y 32).

Un refugio de esta naturaleza, con una protección superior de alguna eficacia, mediante el aprovechamiento de elemen-

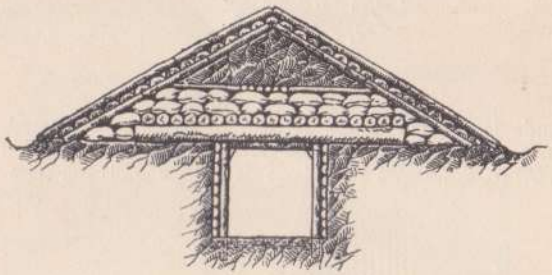

Fig. 33 - Trinchera semi-protegida, en un taller de carpintería

tos disponibles, es el representado en la figura 33, construído en el patio de un gran taller de carpintería de Barcelona.

Si por razón de la poca consistencia del terreno o por hallarse muy superficial el agua subterránea, no conviniese profundizar las trincheras los 1'50 a 2'00 m. antes indicados, pueden construirse semienterradas y protegidas superiormente como se acaba de indicar. En tal caso, las paredes laterales se han de reforzar con toneles o cajones de madera llenos de tierra, rollizos, tablones, tabloncillos, fajinas, gaviones o sacos terreros, eligiéndose con preferencia los materiales que no den lugar a proyecciones (Fig. 34).

Galerías o minas

Consisten en pequeños túneles, más o menos hondos, sin revestimiento interior o con soportes de madera o hierro, ani-

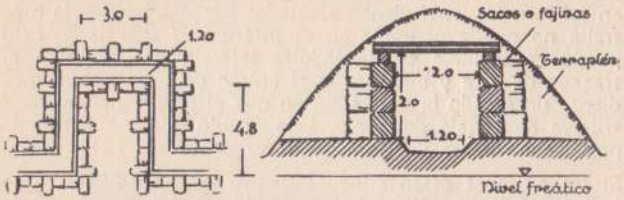

Fig. 34 - Galería superficial en tierras blandas o con agua a escasa profundidad

llos de fábrica o de hormigón, según la consistencia del terreno (Fig. 35).

Esta clase de refugios son los que ha construído una buena parte del vecindario de Barcelona, porque la ciudad goza, con excepción de las zonas ganadas al mar, de un terreno consis-

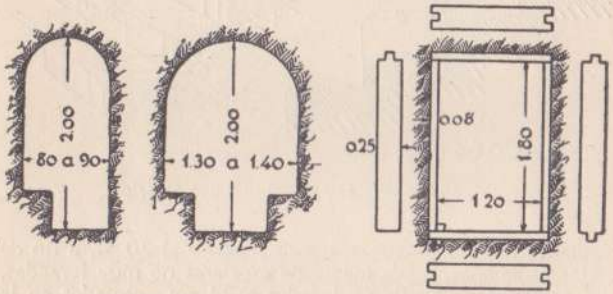

Fig. 35 - Secciones de mina en terreno firme. — Galería entibada

tente, formado por arcilla compacta, con capas de «torturá» y roca; por otro lado, estos refugios son de construcción económica mediante el esfuerzo personal de los vecinos que han de utilizarlos.

Las entradas de estas minas, que siempre que sea posible han de ser dos, una en cada extremo o, a lo menos, una entrada y una salida accidental, no es necesario estén en sí mismas muy protegidas, pero sí es indispensables situarlas en tal forma que, si vienen afectadas por una bomba, la metralla no pueda penetrar en el interior de la galería. Esto puede conseguirse emplazándolas lateralmente respecto al trazado de ésta y efectuando el enlace de unas y otra mediante un ángulo brusco, solución que al propio tiempo contribuye al frenaje del soplo. Este ángulo puede substituirse por una mampara debidamente reforzada (Fig. 12).

Si las entradas están situadas dentro de un edificio, o se hallan próximas a él, es imprescindible protegerlas contra la caída total o parcial del mismo.

Excepto en los casos en que el acceso al interior de las galerías se efectúe por el sótano de un edificio o a media ladera de una montaña, será preciso ganar el desnivel necesario

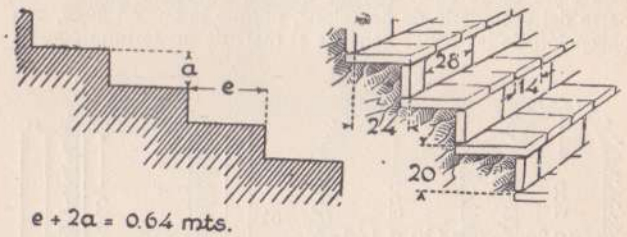

Fig. 36 - Escalones de acceso a una galería

mediante una rampa suave, nunca superior al 20 %, a fin de evitar resbalones, o por medio de escaleras no muy forzadas, con peldaños de huella no inferior a 24 cm., cortados en la tierra, si ésta es dura y consistente, o mejor aun, constituídos por tablones, ladrillos, hormigón, o cualquier otro material fuerte (Fig. 36). Su disposición ha de ser tal que permita la fácil evacuación de un lesionado (Fig. 37).

El número de escalones seguidos no ha de pasar de quince, y en caso de ser superior el necesario para ganar

el desnivel, conviene subdividirlo por un rellano de un metro aproximadamente de largo. El ancho de esta rampa o escalera será inferior al de la mina, a fin de evitar el embotella-

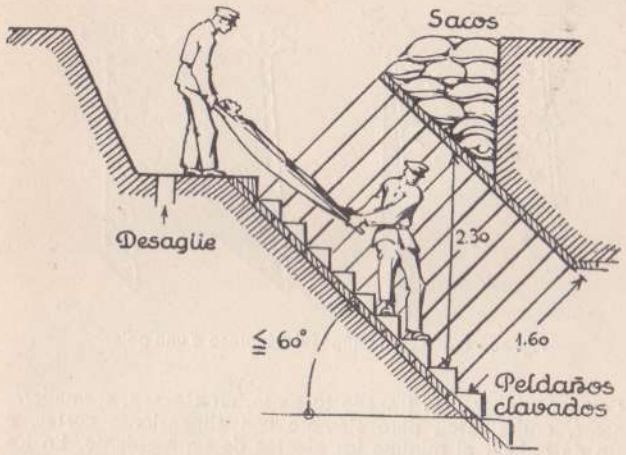

Fig. 37 - Escalera de entrada, entibada, a un refugio subterráneo

miento, sin llegar, no obstante, a menos de 70 cm., proveyéndola de una estrangulación al penetrar en el interior de la galería, en la que pueda establecerse el cierre de la esclusa, caso de tenerse que habilitar este refugio contra los gases (Fig. 38).

Al objeto de no tener que apuntalarlas o revestirlas interiormente, cuando el terreno es bueno (arcilla virgen o «torturá»), conviene que estas minas sean estrechas: 0'80 a 0'90 m. para una fila de personas (dos plazas por m. l. de galería), y 1'30 a 1'40 m. para dos hileras (cuatro personas por m. l.).

La altura total más conveniente es la de aproximadamente 2'00 m. Al excavarlas, pueden dejarse ya asientos laterales, tallados en el mismo terreno. Si éste resultase húmedo,

se ha de extender en el suelo una capa de arena que evite los resbalones. Si no se dejan asientos al hacer la excavación, pueden construirse posterioremente con tablones.

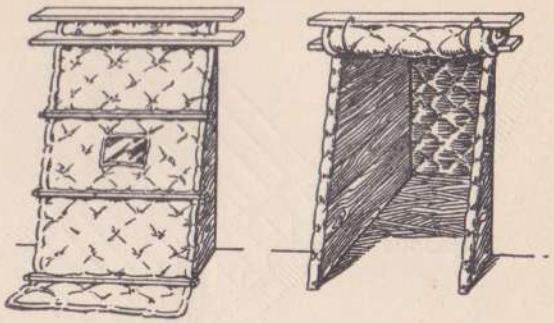

Fig. 38 - Protección antigás del ingreso a una galería

Conviene tengan un trazado tortuoso, en zig-zag, cremallera, arcos, ondas, etc., pero siempre con alineaciones cortas, a fin de reducir al mínimo los efectos de un accidente. En los cambios de dirección, especialmente si éstos son bruscos, incluso en los de las rampas y escaleras, conviene redondear fuertemente las aristas, a fin de facilitar la evacuación de una persona accidentada extendida en una camilla. En estos puntos, convendrá revestir la bóveda, o al menos reforzarla, con unos anillos de fábrica.

Si tan sólo se quiere proteger estas minas contra los efectos indirectos, no precisa sean muy hondas, pudiendo llegar a consistir entonces en una simple zanja protegida superiormente por tablones o rollizos de madera o por unas ligeras placas de hormigón, recubiertas, para que haga de almohada, con los productos de la excavación, convirtiéndose entonces en unas verdaderas trincheras cubiertas

Si se quiere, además, asegurarlas contra los efectos inmediatos, especialmente contra la acción del impacto directo, no conviene quede encima de la bóveda, entre tierra natural y sobrepuesta, un grueso inferior a 8'00 m., según sea la con-

sistencia de la misma. Si se trata de «torturá», esta cantidad puede ser prudencialmente reducida. Si el grueso de tierra fuese inferior a esta medida, habrá que buscar una protección complementaria, mediante madera, hormigón, etc.

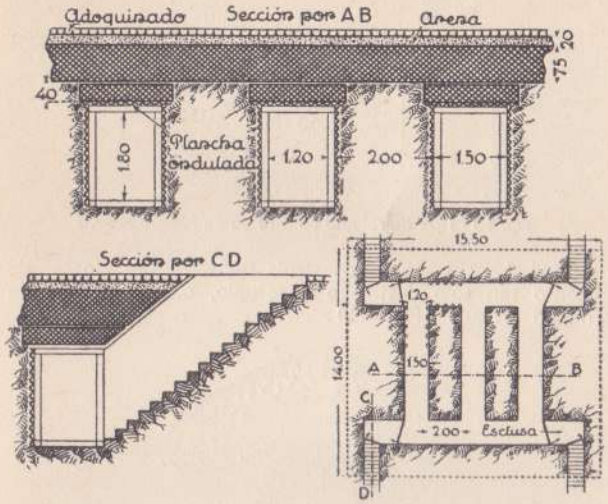

Fig. 39 - Refugio en galerías a poca profundidad

La poca consistencia del terreno constituído por sauló, arena o mezcla de arena y arcilla, o bien la interposición de capas inclinadas resbaladizas («fetge de vaca») y en otras ocasiones la proximidad del agua subterránea, impiden a veces la construcción de galerías. En tal caso, convendrá limitar los refugios a zanjas como las descritas anteriormente, con la protección superior más o menos eficaz (Fig. 39). Esta es la solución adoptada por el Ayuntamiento de Barcelona para los refugios construídos en el Pueblo Nuevo (Fig. 40). Otra solución adoptada por el Ayuntamiento en varios lugares de

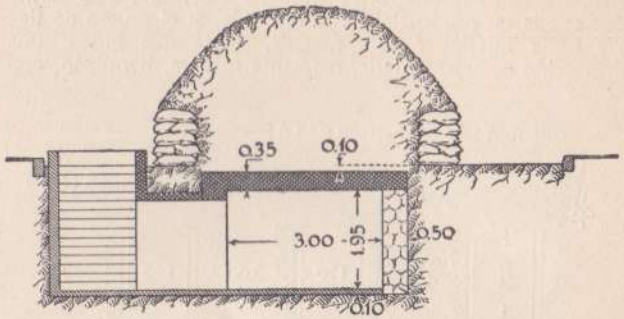

Fig. 40 - Tipo de refugio construído en Pueblo Nuevo

la ciudad, ha sido la de construir un ramal de cloaca, de momento tan sólo destinado a refugio, con la bóveda de hormigón armado (Fig. 41).

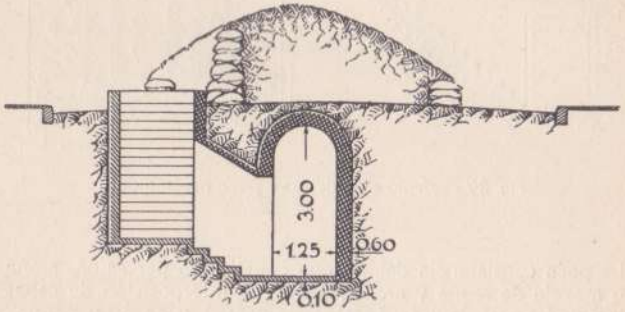

Fig. 41 - Aprovechamiento, como refugio, de un ramal de alcantarilla

VENTILACION E ILUMINACION

Conviene preocuparse de la ventilación de las minas, ya que el cúbico de aire que contienen es siempre inferior al necesario. A este efecto, según el trazado y el largo de la galería, es suficiente, a veces, el tiraje producido por las entradas. Mas, si la mina es larga, o tiene ramales que no vengan directamente interpuestos entre aquéllas, conviene activarla mediante pozos o tubos de ventilación intermedios, emplazados en los extremos de dichos ramales, situados lateralmente, pero nunca directamente encima de la mina. Es muy conveniente establecer algún mecanismo que permita regular el tiraje.

Al tratar de las dimensiones a dar a los refugios que se construyan en edificios de nueva planta, así como al hablar de la habilitación, a este fin, de los locales situados en sótanos de los ya existentes, ya se ha indicado que, suponiendo en un local cerrado y sin ninguna ventilación, una permanencia continuada de tres horas, se necesita haya en ellos un volumen de aire disponible de 4'00 m.^{3} por persona, o sea, de 1 y 1/3 m.^{3} por persona y hora. Si la capacidad del local resulta inferior a este volumen, habrá que asegurar la ventilación natural o artificial del mismo. Aquella, puede conseguirse mediante ventanas y tubos de ventilación; ésta, por procedimientos mecánicos.

Las ventanas han de estar protegidas contra el soplo y metralla y ser fácilmente obturables a fin de evitar corrientes de aire en un momento dado. Por igual razón, los tubos de ventilación han de estar dotados de un dispositivo fácilmente asequible, que permita regular, y hasta impedir totalmente, el tiraje de los mismos, siendo muy conveniente que estos tubos se prolonguen hasta la parte más alta de algún edificio.

Los procedimientos mecánicos pueden consistir en fuelles, bombas y ventiladores movidos a mano o bien con fuerza producida dentro del mismo local (motores de bencina, aceite, electricidad procedente de baterías, etc., etc.). Para no hacerse ilusiones respecto a la eficacia de los aparatos movidos a mano, hay que tener presente el poco rendimiento de la fuerza humana, así como el aumento de consumo de oxígeno del aire de una persona en ejercicio.

Cualquiera que sea el procedimiento mecánico empleado, es siempre conveniente no extraer el aire viciado, si no al revés, inyectar aire nuevo, a fin de producir una ligera sobre-

presión interior, teniendo cuidado de tomarlo del punto más alto posible.

En determinadas condiciones, y siempre que el manejo, vigilancia y control de los aparatos pueda confiarse a persona técnica o experimentada, se puede recurrir a la producción química de una atmósfera artificial, mediante aparatos regeneradores, provistos de substancias que absorban el vapor acuoso y el anhídrido carbónico producidos por la respiración e introduzcan en el ambiente una cantidad de oxígeno igual a la consumida. De no existir en el mercado aparatos acreditados de este género, el estudio y proyecto de la instalación a efectuar debe encargarse a un técnico especializado.

En cuanto a la iluminación, basta sentar el principio de que ésta ha de estar perfectamente asegurada por medios artificiales. Pára ello pueden emplearse, desde simples bujías esteáricas, lámparas de aceite, petróleo o aceite y petróleo combinados, hasta bombillas eléctricas de pequeño voltaje alimentadas por un pequeño grupo electrógeno, o por baterías de acumuladores o de pilas secas. El uso de pilas es bastante eficaz y económico. Hay que recordar, respecto a las primeras, lo que ya se ha dicho referente a su consumo de aire (una bujía esteárico, ½ m.³ por hora; una luz de petróleo, 2 a 2 ½ m.³), y con relación a los acumuladores, que también producen gases cuya presencia debe tenerse en cuenta.

EQUIPO DE UN REFUGIO

La instalación mínima de un refugio, comprende:

a) Bancos, tal vez alguna litera o camilla, mesa, sacos de paja, colchones y mantas de lana. En el croquis de la figura 42, se acotan varias medidas que pueden dar idea del aprovechamiento del espacio.

b) Luz eléctrica independiente de la línea general. Lámparas de mano auxiliares. A ser posible, supresión de luces de llama, que, como se ha dicho, consumen oxígeno del aire.

c) Reserva de agua potable y para limpieza. Caja de arena. Evitar las cañerías de agua. Usar depósitos y botijos.

d) Un retrete o, por lo menos, un recipiente de necesidad para cada 20 personas, en comunicación directa con el refugio. Saco de aserrín para el servicio de limpieza.

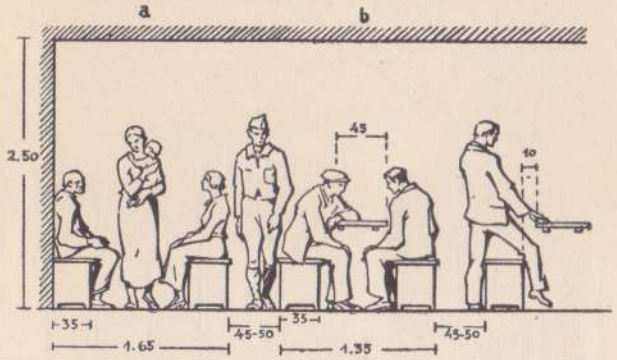

Fig. 42 - Aprovechamiento del espacio en un refugio

e) Herramientas de salvamento en caso de obstrucción de las salidas: hacha, palancas, palanquetas, picos, palas, sierra, martillo, alicates.

f) Botiquín.

g) Nunca están de más letreros indicadores de cada salida, en los que se recomiende quietud y silencio.

Reglamentación

Por bien construídos que estén los refugios, perderían toda su eficacia protectora si no se impusiese, a los que han de ocuparlos, el cumpliimento riguroso de un reglamento de defensa pasiva.

Sin entrar en la especificación de un reglamento general, cuya redacción corresponde a la autoridad competente, se ha de hacer notar la necesidad de una obediencia absoluta a las órdenes dimanadas del responsable de cada refugio, el