

MEMORIAL DE INGENIEROS.



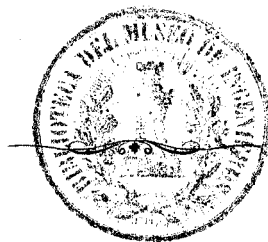
MEMORIAL
DE INGENIEROS
DEL EJÉRCITO.

COLECCIÓN DE MEMORIAS.

~~~~~  
CUARTA ÉPOCA.—TOMO X.

(XLVIII DE LA PUBLICACIÓN.)  
~~~~~

Año 1893.



MADRID
IMPRESA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS.
1893

ÍNDICE

DE LAS OBRAS SUELTAS QUE COMPRENDEN LAS ENTREGAS

DEL

MEMORIAL DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO

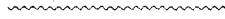
publicadas en el año 1893.

BANÚS.—*Minas militares*, por el coronel graduado D. Carlos Banús y Cómas, comandante de Ingenieros.—Consta de 340 páginas y 16 láminas. (1)

LA TEJERA.—*Manual de Colombicultura y Telegrafía alada*, por el capitán de Ingenieros D. Lorenzo de La Tejera y Magnin.—Consta de 79 páginas.

(1) En el tomo del MEMORIAL DE INGENIEROS correspondiente al año 1894 se publicará un *Apéndice* y una *Colección de tablas*.

MINAS MILITARES



MINAS MILITARES

POR EL CORONEL GRADUADO

DON CARLOS BANÚS Y CÓMAS,

COMANDANTE DE INGENIEROS.

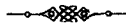


MADRID
IMPRESA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS

—
1893



LIBRO I.



DETERMINACIÓN DE FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO
DE LAS CARGAS.



CAPÍTULO PRIMERO.

Preliminares.—Efectos producidos por la explosión de la pólvora.—Teoría de Valliere.—Id. de Belidor.—Id de Lebrun.



El empleo de los agentes explosivos para destruir ciertos obstáculos que se oponen á la marcha de los ejércitos, así como los medios de defensa y máquinas de guerra del enemigo, ha dado lugar á la ciencia del minador.

Preliminares.

Es esta, sin disputa, una de las más difíciles entre todas las que constituyen la del ingeniero militar, por cuanto trata de resolver un problema partiendo de datos insuficientes. Trátase, en efecto, de vencer la resistencia que presenta un obstáculo por medio de la potencia desarrollada por la pólvora durante su combustión. La constitución molecular del obstáculo que la pólvora debe destruir, es un dato necesario para determinar su resistencia, y las fuerzas moleculares que en su interior se desarrollan es otro dato no menos indispensable; pero en el estado actual de la ciencia ambos son desconocidos. En cuanto á la fuerza exacta que la pólvora desarrolla al inflamarse, es también desconocida, y luego veremos los muchos y diversos valores que para ella se han determinado.

Antes de pasar adelante establezcamos algunas definiciones, cuyo conocimiento es indispensable.

Llámase hornillo de mina á una cavidad abierta en un medio cualquiera, y que se llena de un agente explosivo que se inflama con objeto de vencer una resistecia determinada.

Al inflamarse la pólvora contenida en un hornillo, produce diferentes efectos que vamos á dar á conocer. Supongamos que á una profun-

Efectos producidos por la explosión

didad OH (fig. 2, lám. 1) de la superficie del terreno AB se coloca una carga de pólvora, que supondremos de forma esférica, á la que se da fuego. La enorme presión que los gases desarrollados por la inflamación de la pólvora ejercen sobre el terreno que les rodea, dará lugar á que alrededor del hornillo se forme una cámara que, si suponemos el terreno homogéneo é igualmente resistente, será esférica. Las capas contiguas á la carga de pólvora serán rechazadas por la presión de los gases, hasta que se establezca equilibrio entre aquella y la resistencia del terreno, en cuyo caso la cámara cesará de agrandarse. Ahora bien, es claro que al pasar la AB (fig. 1, lám. 1) de la posición primitiva ab que ocupaba antes de la explosión á la que ahora ocupa, comprimirá las capas que tiene tras de sí, pero esta compresión será tanto menor, cuanto mayor sea la distancia de la capa comprimida al centro O del hornillo. En efecto, la presión que obra sobre la capa AB es la misma que la que obra sobre la CD , pues ambas son debidas á la misma causa, es decir, á la combustión de la pólvora; pero en CD la superficie es mayor, luego sobre cada unidad la presión será menor, y como las superficies AB y CD son proporcionales á los cuadrados de los radios, las presiones por unidad de superficie en cada capa serán inversamente proporcionales á dichos cuadrados. Claro está que esto sólo sucede cuando el medio en que obra la pólvora es perfectamente elástico, ó sea cuando cada capa transmite, al reaccionar, la misma presión que ha recibido; pero como generalmente la pólvora no obra contra esta clase de medios, habrá siempre pérdida de fuerza, debida á los rozamientos y choque que tendrán lugar, y por tanto, las presiones decrecerán aún más rápidamente. Otra consideración existe para hacer ver palpablemente que las presiones deben disminuir á medida que las capas se alejan del centro.

En efecto, la capa ab , cuyo espesor es infinitamente pequeño, aumenta en superficie al pasar á la posición AB más que la cd al pasar á la posición CD , y como este aumento de superficie sólo lo puede adquirir por una disminución de espesor, pues suponemos que los volúmenes de cada capa son constantes, claro es que las moléculas de la capa AB se hallarán más comprimidas que las de CD . Resulta de lo dicho, que se llegará á una capa MN cuyas moléculas no sufrirán compresión alguna,

y que si entre las capas ab y MN hay algún objeto extraño al medio en que obra la pólvora, éste se hallará comprimido por las capas que le rodean, y si no tiene suficiente resistencia se romperá. La esfera MN en que terminan las compresiones, toma el nombre de esfera de ruptura (1). Algunos autores la han llamado esfera de acción, pero como vamos á ver acto seguido que fuera de ella se sienten aún los efectos de la explosión, nos parece más propio el nombre de esfera de ruptura. En efecto, aunque á partir de la capa MN las sucesivas no sufren compresión, en cuanto la presión de los gases de la pólvora cesa, las capas de terreno comprimidas reaccionan produciéndose á consecuencia de esta reacción un movimiento, en virtud del cual el terreno se grietea. La esfera PQ , en cuya superficie terminan estos efectos, se llama esfera de friabilidad ó dilaniación (2). Finalmente, el movimiento vibratorio producido por la explosión, se propaga á grandes distancias y termina en una nueva esfera concéntrica á las anteriores, y que podemos llamar esfera de vibración.

Como veremos en el curso de estos estudios, de todas las superficies que acabamos de dar á conocer, la más importante es la que limita los efectos de ruptura.

Hasta ahora hemos supuesto que la pólvora obraba en el interior de un medio ilimitado en todos sentidos; examinemos lo que sucede cuando este medio es limitado, que es lo que en la práctica ocurre ordinariamente. Sea O (fig. 2) el centro del hornillo y AB el plano horizontal que limita el medio por su parte superior. Hemos dicho que la presión que tiene lugar sobre las diferentes capas del terreno, va decreciendo á medida que éstas distan más de O ; por consiguiente, como esta presión pasa por todos los valores, desde el muy grande ejercido por los gases de la pólvora en la primera esfera, hasta cero, habrá una esfera en que sea igual á la presión atmosférica, y si suponemos que sea ésta la OH , la superficie del terreno empezará á sufrir ya un pequeño movimiento. Si fuese la OH' toda la superficie del terreno comprendida entre A' y B' sería levantada por los gases de la pólvora, pues la presión atmosférica quedaría equilibrada en A' y B' , y entre estos puntos la diferencia entre

(1) En rigor debiera llamarse esfera límite de ruptura.

(2) Del verbo latino *dilaniare*, desgarrar, hendir, grietear.

dicha presión y la de los gases de la pólvora, se emplearía en vencer la fuerza de gravedad y la cohesión. Se formará en el terreno una excavación, cuya forma no se ha podido determinar hasta ahora con exactitud, que recibe el nombre de embudo. Si el exceso de presión de los gases de la pólvora sobre la atmósfera es muy grande, las tierras comprendidas en la excavación son arrojadas á gran distancia. Resulta de lo dicho, que la inflamación de un hornillo de mina da lugar á dos clases de efectos, á saber: los interiores y los exteriores. Los primeros se dividen en efectos de compresión, que dan por resultado rupturas y efectos de dilatación ó friabilidad, ó sea disgregación del medio. Los efectos exteriores se descomponen en efectos de explosión ó producción del embudo, y efectos de proyección, que luego veremos son muy empleados en la guerra; los efectos de dilatación se notan también en la superficie exterior del medio.

Definiciones.

El embudo tiene mucha importancia en el estudio de los efectos de un hornillo, y se consideran en él varias líneas que conviene definir. Sea O el centro de un hornillo y $A C B$ el embudo resultante; la línea $O H$ (fig. 3, lám. 1), ó sea la perpendicular bajada desde el centro del hornillo á la superficie del medio más próximo á él, se llama línea de mínima resistencia y se representa por $L M R$. La línea $A H$, ó sea la que va desde el centro de la base del embudo á los bordes, se llama radio de la base del embudo. La línea $O B$, ó sea la que va desde el centro á los bordes del embudo, radio de explosión. Finalmente, la línea $H C$ se llama profundidad del embudo. En adelante designaremos por h , r , R y p estas líneas

y haremos $\frac{r}{h} = n$.

Los hornillos que producen un embudo en que $r = h$ ó $n = 1$ se llaman *ordinarios*, cuando $r > h$ ó $n > 1$ se llaman *recargados* y cuando $r < h$ ó $n < 1$ *subcargados*. Los hornillos que por estar colocados á gran profundidad, ó tener poca carga, no producen efectos exteriores, se llaman *humazos*. Entre los humazos tiene una importancia capital, como luego veremos, el humazo máximo, que es aquel cuya esfera de presión igual á la atmosférica es tangente á la superficie del terreno, ó lo que es lo mismo, el límite entre los hornillos que producen embudo y los que no le producen.

Los caminos subterráneos que sirven para llegar á los hornillos de mina reciben el nombre de *galerías ó ramales*, según sus dimensiones. Unos y otros se dividen á su vez en varias clases, que se diferencian por las dimensiones de su sección transversal que damos á conocer á continuación:

	ALTURA <i>Metros.</i>	ANCHURA <i>Metros.</i>
Galerías de 1. ^a clase.	2,00	2,10
Idem de 2. ^a	1,85 á 2,00	1,00
Idem de 3. ^a	1,30 á 1,50	1,00
Ramales de 1. ^a clase.	1,00	0,80
Idem de 2. ^a	0,80	0,65
Idem de combate.	0,70	0,60

Las galerías ó ramales se construyen por medio de bastidores que distan entre sí 1 metro á lo más, y se componen de dos montantes *a b* y *c d*, una solera *a d* y una cumbrera *b c*, cuyas piezas se ensamblan como indica la figura 4, lámina 1. Al exterior de los bastidores y apoyadas en los montantes y cumbreras, se colocan las tablas que constituyen el revestimiento.

A las galerías subterráneas se llega por medio de pozos que parten de la superficie del terreno y que, en general, deben revestirse.

Dadas ya estas definiciones, veamos si es posible resolver el problema fundamental de la ciencia del minador, que consiste en hallar la carga de pólvora que debe emplearse para producir un efecto determinado. Multitud de teorías se han propuesto con este objeto, pero todas ellas pueden reducirse á dos grupos, que son: el de las teorías empíricas y el de las racionales. En las primeras se parte tan sólo de datos experimentales para determinar la fórmula buscada; en las segundas se establece el problema partiendo de hipótesis más ó menos fundadas, pero nunca completamente exactas. Las teorías racionales dan lugar á fórmulas más complicadas que las empíricas, no más exactas que las que aquellas producen y siempre hay que admitir coeficientes prácticos. En cuanto á las fórmulas empíricas sólo pueden usarse con confianza entre ciertos límites, que son aquellos entre los que se hallan comprendidas las experiencias que han servido para deducirlas; pero estos límites son suficientes

Teorías de minas.

en la mayor parte de los casos que se presentan en la práctica. Las teorías que á continuación vamos á exponer son empíricas, pues creemos inútil entrar en el desarrollo de teorías racionales, que, como la de Rzhia, por ejemplo, son bastante complicadas y no conducen á resultados más exactos.

Cómo en otro lugar veremos, Pedro Navarro fué, al parecer, el primero que aplicó con buen éxito la mina al arte de la guerra, y desde entonces se generalizó el uso de este medio de destrucción. No se sabe qué fórmula empleaban los antiguos minadores para determinar las cargas, pero créese que muchos se valieron de la [1]

$$[1] \quad C = g h$$

en la que C representa la carga, h la línea de menor resistencia y g un coeficiente dependiente del terreno y determinado por la experiencia. Esta fórmula, que no puede admitirse, porque un peso, y por consiguiente un volumen, no puede ser función de una sola línea, la dedujeron dando una interpretación errónea á lo dicho por Deville, que opinaba que la carga debía ser proporcional á la resistencia que había de vencer, lo cual era muy racional.

Fórmula de
Valliere.

Valliere y otros minadores de su tiempo, comparando el efecto de una mina al producido por un mortero, decían que la carga debía ser proporcional al volumen del embudo obtenido y admitían la fórmula [2]

$$[2] \quad C = g V$$

en la que g era un coeficiente dependiente también del terreno. Basta recordar lo que hemos dicho para comprender que esta fórmula no es admisible, pues no tiene en cuenta los efectos interiores y calcula la carga como si no produjese más efectos que la formación del embudo. Los minadores de aquel tiempo abrigaban dos grandes preocupaciones sobre el modo de obrar de la pólvora, y eran: la primera, que teniendo la llama tendencia á subir, el efecto de la pólvora era mayor hacia la parte superior que hacia los costados, y la segunda, que sólo se podían obtener hornillos ordinarios. Si se aumentaba la carga que producía un hornillo ordinario, las tierras eran arrojadas á mayor distancia, y si se disminuía, no tenía fuerza suficiente para levantarlas.

Entrando en la fórmula [2] el volumen del embudo como principal factor, se comprende la importancia que dieron los antiguos minadores á averiguar la verdadera forma que éste presenta. Probablemente está en lo cierto Lebrun al decir que el embudo no tiene forma alguna geométrica, y ésta es diferente en cada caso; pero aun cuando el embudo tenga una forma geométrica determinada, es difícil conocerla, pues parte de las tierras proyectadas lo llenan de nuevo y las que se hallan en sus bordes se deslizan á lo largo de las paredes laterales y le quitán así la forma primitiva. Era, sin embargo, necesario determinar el valor de V y cada ingeniero supuso al embudo diferente forma. Vauban suponía que era un cono (fig. 5, lám. 1), cuyo vértice estaba en el centro del hornillo y cuya base era una circunferencia de diámetro doble de la línea de mínima resistencia. Müller daba al embudo la forma de un tronco de paraboloides (fig. 6, lám. 1); Mesgrigny, la de un tronco de cono (fig. 7, lám. 1), cuya base menor pasa por el centro del hornillo; Valliere, la de un paraboloides (fig. 8, lám. 1), en cuyo foco se halla la carga de pólvora; Belidor, la forma representada en la figura 9, lámina 1, y, finalmente, Meldenorentz y Rzhia se inclinan á darle la forma de campana representada en la figura 10, lámina 1.

Desde luego, las formas representadas por las figuras 6, 8, 9 y 10, nos parecen más racionales, pues no se concibe que la pólvora no produzca ningún efecto hácia la parte inferior, que es lo que suponen las otras figuras. En cuanto á los valores de los volúmenes representados por las figuras 5, 6, 7, 8, 9 y 10, sólo son fáciles de hallar los de las cuatro primeras, y están representados por las fórmulas [3], [4], [5] y [6]

$$V = 1,05 h^3 [3], \quad V = 1,84 h^3 [4], \quad V = 1,83 h^3 = \frac{11}{6} h^3 [5], \quad V = 1,90 h^3 [6].$$

Vemos, pues, que las fórmulas [4] y [5] son las que menos difieren entre sí, y generalmente los antiguos minadores tomaron por valor de V el de la fórmula [5] á causa de la sencillez con que puede expresarse; los minadores anteriores á Mesgrigny emplearon la fórmula de Vauban [3].

Ya hemos indicado el principio de que se deducía la fórmula [2] que, á pesar de todo, se ha usado hasta principios de nuestro siglo, aun cuando Belidor dió á conocer ya en 1730 su falsedad, y los errores que come-

Fórmula
del embudo

Fórmula
de Belidor.

tian los minadores antiguos. Este célebre ingeniero fué el primero que demostró prácticamente que se podían obtener embudos cuyas bases tuvieran radios mayores que las líneas de mínima resistencia, y les dió el nombre de *globos de compresión*. A pesar de los resultados obtenidos en la Féré y en Metz, y más tarde en Maestricht y Verdun, mucho le costó á Belidor hacer prevalecer sus ideas, pues la influencia de Valliere se oponía á ello. Los prusianos fueron los primeros que aplicaron en Schweidnitz las ideas de Belidor.

Éste admitía ya en 1726 que la pólvora obraba en todos sentidos, y no sólo de abajo á arriba, como suponía Valliere. Supongamos una esfera resistente A (fig. 11, lám. 1), en cuyo centro se coloca una carga de pólvora: según Belidor, la carga capaz de hacer estallar esta esfera, debe ser proporcional al cubo del radio. Si ahora suponemos esta esfera enterrada, quedando solo sobre la superficie del terreno la parte MNP , al hacer explosión la carga, la parte $MN'P$ quedará retenida por la resistencia del medio, pero la MNP será proyectada, resultando por consiguiente un embudo MAP , cuya base será mayor ó menor según la distancia de la superficie del terreno al centro del hornillo; quedando así demostrado que pueden producirse hornillos distintos de los ordinarios.

La fórmula que Belidor establecía para calcular las cargas era la

$$[7] \quad C = g R^3$$

en la que g representaba un coeficiente dependiente del terreno. Esta fórmula era más racional, pues dependía de una cantidad, cual es el radio de explosión, ligada á los efectos subterráneos, lo mismo que á los exteriores y que existe siempre, lo que no le sucede á V , que en los humazos se reduce á cero. La fórmula [7] puede ponerse bajo otra forma teniendo en cuenta las

$$n = \frac{V}{h}$$

y

$$[8] \quad R^3 = (\sqrt{Bp^2 + AB^2})^3 = (\sqrt{r^2 + h^2})^3 = (\sqrt{n^2 h^2 + h^2})^3 = \\ = h^3 (n^2 + 1)^{\frac{3}{2}};$$

$$[9] \quad C = g R^3 = g h^3 (1 + n^2)^{\frac{3}{2}} = g h^3 F(n).$$

Observemos ahora que las diferentes fórmulas que hemos hallado para el volúmen del embudo, pueden ponerse bajo la forma

$$[10] \quad V = h^3 F(n);$$

pues los coeficientes que afectan á la cantidad h pueden considerarse como cantidades dependientes del valor de n en las diferentes hipótesis que dan lugar á dichas fórmulas. La fórmula [2] toma entónces la forma

$$[11] \quad C = g V = g h^3 F(n)$$

perfectamente comparable á la anterior [10]. Observemos, además, que si suponemos $n = 0$, ó lo que es lo mismo, que el hornillo se convierte en humazo, la $F(n)$ de la fórmula [11] se convierte en cero y la de la fórmula [9] en la unidad, y por consiguiente la primera da $C = 0$ y la segunda $C = g h^3$, lo cual prueba su superioridad. Supongamos ahora que otra carga C' obra en el mismo terreno cuyo coeficiente es g con una línea de mínima resistencia h' , y produciendo un hornillo semejante al que produce C , es decir, un hornillo en que n tenga el mismo valor. El valor de C' será

$$[8'] \quad C' = g h'^3 F(n).$$

Dividiendo las fórmulas [10] y [8'] resulta la

$$[9'] \quad \frac{C}{C'} = \frac{h^3}{h'^3}.$$

Ley de minadores.

La fórmula [9'] constituye lo que se conoce con el nombre de ley de minadores y nos dice que, *en un mismo terreno, las cargas correspondientes á hornillos semejantes son proporcionales á los cubos de las líneas de mínima resistencia, y en general á los cubos de sus líneas homólogas* (radios de explosión, radios de la base del embudo, etc.) Esta ley, considerada como exacta, aunque no lo sea en rigor, ha sido el punto de partida de las teorías de minas.

El primero que formuló una teoría de minas apoyada en los datos experimentales que entónces existían, fué Lebrun, cuyos manuscritos aparecieron en 1812.

En cuanto á los hornillos ordinarios, el problema es fácil de resolver. En efecto, sean C y C' dos cargas que á las profundidades h y h' producen hornillos ordinarios. La ley de minadores nos da la relación

$$[10'] \quad \frac{C}{C'} = \frac{h^3}{h'^3},$$

y si en ella suponemos $h' = 1$, $C' = g$ se convertirá en la [11]

$$[11'] \quad C = g h^3$$

en la cual solo nos falta conocer el valor de g , lo que es muy fácil; pues no es más que la carga necesaria para producir, en un terreno dado y con una línea de mínima resistencia igual á la unidad, un hornillo ordinario. Colocando, pues, en un mismo terreno y á un metro de profundidad diferentes cargas hasta obtener una que nos produzca un hornillo ordinario, podremos determinar el valor de g para los diferentes terrenos en que se opere. Conocido g , la fórmula [11'] nos da las cargas correspondientes á todos los hornillos ordinarios. La tabla 1.^a (1) da el valor de g para los medios en que más generalmente se suelen emplear las minas.

La única dificultad que presenta el uso de esta tabla consiste en apreciar debidamente la naturaleza del medio en que se va á establecer el hornillo, y en el sinnúmero de variaciones que éste puede sufrir, por no ser sus capas completamente homogéneas. Por estas razones convendrá, siempre que se pueda, determinar experimentalmente el valor de g ; pero en la guerra esto no será factible y en este caso, cuando haya duda, convendrá para g el mayor de los valores entre los que se vacile.

La primera tierra que figura en la tabla recibe el nombre de terreno ordinario de minador, por ser en esta clase de terrenos en donde se han verificado la mayor parte de las experiencias de minas.

Por medio de la fórmula [11'] podemos formar la tabla 2.^a de cargas, para hornillos ordinarios en terreno ordinario, dando á h diferentes valores. Una vez formada esta tabla se pueden calcular las cargas correspondientes á terrenos cualesquiera, con solo multiplicar las de la tabla 2.^a por la relación entre los coeficientes correspondientes al terreno en que se va á establecer el hornillo y el ordinario. En efecto, sean g y g' los coeficientes correspondientes al terreno ordinario y á otro medio cualquiera, y h la línea de mínima resistencia, correspondiente á dos hornillos ordinarios, cada uno de los cuales debe obrar en distinto terre-

(1) Al final de la parte teórica daremos las tablas que en ésta se mencionan.

no. Las cargas serán, $C' = g h^3$ para el que obra en terreno ordinario y $C' = g' h^3$ para el que obra en el terreno elegido; dividiendo la segunda por la primera, resulta:

$$[12] \quad \frac{C'}{C} = \frac{g'}{g}; \quad C' = C \frac{g'}{g}.$$

Pasemos ahora á determinar los valores de las cargas para los hornillos recargados y subcargados. Sea O (fig. 12) el centro de una carga C' que, con una línea de mínima resistencia $oa = h$ produzca un hornillo recargado, cuya base tenga por radio $ab = nh$, y o' el punto en que se debiera colocar la misma carga para producir un hornillo ordinario, cuya línea de mínima resistencia será $o'a = ac = h'$. Supongamos ahora que sea C la carga de pólvora que produzca en O un hornillo ordinario, que tenga, por consiguiente, una línea de mínima resistencia igual á la h . Por la ley de minadores tendremos la relación

$$[13] \quad \frac{C'}{C} = \frac{h'^3}{h^3} \quad \text{de donde } C' = C \left(\frac{h'}{h} \right)^3.$$

Como C es conocida por ser la carga de un hornillo ordinario cuya línea de mínima resistencia es h , sólo nos queda que determinar la relación $\frac{h'}{h}$ en función de cantidades conocidas.

Razonando sobre una experiencia hecha en Verdun, dedujo Lebrun que la cantidad db , que es lo que crece el radio del embudo al pasar el hornillo de ordinario á recargado, sin cambiar de profundidad, era proporcional á la cantidad OO' , que es el aumento que adquiere la línea de mínima resistencia al pasar la carga del punto en que produce hornillo recargado al que produce hornillo ordinario. Este resultado, que comprobó Lebrun en la experiencia citada, lo generalizó, aunque sin datos suficientes, y le sirvió de punto de partida para hallar las fórmulas que buscaba. En la experiencia de Verdun halló para la relación citada $\frac{8}{7}$. Podemos, pues, establecer la relación (fig. 12)

$$[14] \quad \frac{db}{OO'} = \frac{8}{7}$$

pero

$$\frac{d b}{O O'} = \frac{a b - a d}{O' a - O a} = \frac{n h - h}{h' - h} = \frac{8}{7}, \quad 7 n h - 7 h = 8 h' - 8 h$$

y

$$[15] \quad \frac{h'}{h} = 0,13 + 0,87 n.$$

El valor [15] substituído en la ecuación [13] nos da el valor de C' en función de cantidades conocidas. Las experiencias hechas por Lebrun no estuvieron conformes con estos resultados, y modificó los coeficientes, adoptando para los hornillos recargados la fórmula [16]

$$[16] \quad C' = C (0,09 + 0,91 n)^3 = g h^3 (0,09 + 0,91 n)^3.$$

Sea ahora C' (fig. 12', lám. 1) una carga que obre en O como hornillo subcargado, con una línea de mínima resistencia $o a = h$; C la carga que produce en el mismo punto y con la misma línea de mínima resistencia un hornillo ordinario, y $O' a = h'$ la línea de mínima resistencia con que debe obrar C' para producir también hornillo ordinario. Lebrun sigue aquí la misma hipótesis, á pesar de no tener ningún dato en su favor, y supone que la relación entre el crecimiento $b d$ de los radios del embudo y el $O O'$ de las líneas de mínima resistencia es una cantidad constante. Para determinar esta relación, á falta de datos que se la proporcionaran directamente, se valió del siguiente resultado experimental. Se ha observado que si una carga C produce un hornillo ordinario con una línea de mínima resistencia h , producirá el humazo máximo, ó lo que es igual, el hornillo subcargado mínimo, con una línea de mínima resistencia igual á $\frac{7}{4} h$. Ahora bien, en este caso la relación

$$\frac{d b}{O O'} = \frac{a d - a b}{a O - a O'} = \frac{h - n h}{h - h'}$$

es igual á $\frac{7}{3}$ pues en ella se tiene $h = \frac{7}{4} h'$ y $n = 0$.

De la relación

$$\frac{h - n h}{h - h'} = \frac{7}{3}$$

se deduce la

$$[17] \quad \frac{h'}{h} = \frac{4 + 3n}{7}$$

que substituída en la [13] la convierte en

$$[18] \quad C' = C \left(\frac{4 + 3n}{7} \right)^3 = g h^3 \left(\frac{4 + 3n}{7} \right)^3 = g h^3 (0,57 + 0,43 n)^3$$

que es la fórmula para calcular las cargas correspondientes á hornillos subcargados.

En algunas ocasiones conviene que los hornillos no produzcan efecto exterior alguno, y que sus efectos se limiten á la ruptura de una galería situada á cierta distancia de ellos. Vamos á ver cómo calculamos la carga en este caso particular, ó sea cuando el hornillo se convierta en humazo. Por lo que hemos dicho relativamente al humazo máximo, resulta que si C es la carga correspondiente á un hornillo ordinario cuya L. M. R. sea h , la C' correspondiente al humazo máximo se calculará por la relación

$$[19] \quad \frac{C'}{C} = \left(\frac{\frac{4}{7} h}{h} \right)^3 \quad \text{de donde} \quad C' = \frac{64}{343} C = 0,19 C;$$

pues para que la carga C' que produce humazo máximo á la profundidad h , produzca hornillo ordinario, debe colocarse á la profundidad $\frac{4}{7} h$.

El valor [19] será el mayor que podremos dar á C . En cuanto al valor mínimo de C , lo obtendremos teniendo en cuenta que la verdadera línea de mínima resistencia será ahora la distancia del hornillo al obstáculo que se trata de destruir, y llamando l á esta distancia tendremos:

$$[20] \quad C' = g l^3$$

Si $g l^3 > 0,19 C$, sería necesario valerse de hornillo que diese embudo para destruir el obstáculo que se quiera vencer. En el caso contrario, el problema es indeterminado y solo queda determinado cuando $g l^3 = 0,19 C$.

La teoría de Lebrun resuelve por completo el problema que nos habíamos propuesto, dándonos fórmulas para toda clase de hornillos, y aún son empleadas hoy día las que acabamos de dar á conocer. Sin embargo, esta teoría tiene el defecto de que sólo pueden admitirse hasta ciertos

límites las fórmulas á que da lugar. La de los hornillos recargados da valores muy admisibles hasta $n = 3$, y aunque contra lo que antes se creía, los valores de n pueden ser mayores, raras veces se emplean hornillos recargados hasta este límite, pues produciendo embudos de gran base, darán lugar á mucha pérdida de gases. Pero si la fórmula [16] es admisible, no le sucede lo mismo á la [18], que da valores muy diferentes de los obtenidos experimentalmente, lo cual no debe extrañar, si se tiene en cuenta la arbitrariedad de la hipótesis admitida para llegar á la última de dichas fórmulas, pues si para la primera pudo partir Lebrun de un dato experimental, lo cual no es tampoco suficiente, ni siquiera este punto de partida tuvo para la segunda. Otro defecto de la teoría de Lebrun es necesitar tres fórmulas, una para cada clase de hornillos, en vez de dar lugar á una fórmula general para todos ellos.

La base de que parte Lebrun para deducir las fórmulas relativas á los hornillos recargados y subcargados, es la constante relación entre los crecimientos de los radios del embudo y los de las líneas de mínima resistencia, propiedad que expresa la fórmula

$$[21] \quad \frac{d r}{d h} = A$$

que integrada da lugar á la

$$[22] \quad r = A h + K \quad \text{y por ser } r = n h, \quad \text{á } n h = A h + K.$$

Llamemos h' á la línea de mínima resistencia correspondiente á la carga C' obrando como hornillo ordinario. Para determinar los valores de A y K en la fórmula [22] nos valdremos de los datos siguientes: para

$n = 1$, $h' = h$; para $n = 3$, $h = \frac{h'}{2,82}$. Estos valores son experimentales y substituidos en la [22] dan lugar á las

$$[23] \quad \left\{ \begin{array}{l} h' = A h' + K, \quad A = \frac{h' - K}{h'} = 1 - \frac{K}{h'} \\ \frac{3 h'}{2,82} = \frac{A h'}{2,82} + K = \frac{h'}{2,82} - \frac{K}{2,82} + K; \\ K = \frac{3 h' - h'}{1,82} = \frac{2 h'}{1,82} = 1,09 h' \\ A = 1 - \frac{1,09 h'}{h'} = - 0,09 \end{array} \right.$$

Substituyendo los valores [23] en la [22], resulta la

$$[24] \quad n h = - 0,09 h + 1,09 h'$$

de donde

$$\frac{h'}{h} = \frac{n + 0,09}{1,09} = 0,91 n + 0,09$$

que es el mismo valor hallado anteriormente.

Para deducir la fórmula [18] determinaríamos las constantes con las condiciones de que para $n = 1$, $h' = h$, y para $n = 0$, $h = \frac{7}{4} h'$.

El tomar el radio del embudo como punto de partida para determinar los valores de la carga tiene el inconveniente de hacer depender éstos de una línea que no puede estar íntimamente ligada con todos los efectos que producen, pues ninguna relación hay entre ella y los interiores, y en los humazos el radio del embudo es cero y sin embargo las cargas producen efectos considerables.

Supongamos que una carga C colocada en O (fig. 13, lám. 1) produzca un embudo ordinario de radio AL y que la superficie TT que limita el terreno vaya tomando diferentes posiciones, tales como $T'T'$, $T''T''$, etcétera. El radio de explosión, que era antes OL , tomará ahora los valores OM , OK , etc. y el punto L , que antes pertenecía á los bordes del embudo, tomará los posiciones M , K , etc. Si unimos ahora todas las posiciones que va tomando un mismo punto del borde del embudo, se obtendrá una curva que recibe el nombre de curva de los bordes del embudo. Esta curva tiene muchísima importancia, pues su estudio nos hace ver inmediatamente las variaciones que sufren las líneas que caracterizan el embudo á medida que varía la de mínima resistencia, permaneciendo constante la carga. Sobre todo, nos permite seguir las variaciones de los radios de explosión, línea que, á nuestro modo de ver, es la que caracteriza realmente los efectos producidos por la carga, pues mide la distancia á que se extienden y existe en toda clase de hornillos, lo que no le sucede, según hemos visto, al radio del embudo. Es, por consiguiente, muy interesante hallar la ecuación de la curva de que tratamos. Para esto observemos que el valor de C puede ponerse siempre bajo la forma $C = g h^3 f(n) = g f(h, r)$; ahora bien, si en esta fórmula suponemos C

Curva de los
bordes del
embudo.

constante y h y r variables, claro es que podemos dar valores distintos á h y determinar los correspondientes de r , y la curva que tenga por ordenadas los primeros y por abscisas los segundos, será precisamente la de los bordes del embudo, pues h y r no son más que las coordenadas de los puntos que forman dichos bordes.

Refiriéndonos á la teoría de Lebrun $f(r, h)$ tiene por valor

$$h^3 (0,09 + 0,91 n)^3, \quad h^3 \left(\frac{4 + 3n}{7} \right)^3 \quad \text{y} \quad h^3$$

según sea el hornillo recargado, subcargado ú ordinario. La curva de los bordes del embudo para los hornillos recargados estará representada por la ecuación

$$[26] \sqrt[3]{\frac{C''}{g}} = h (0,09 + 0,91 n) = h \left(0,09 + 0,91 \frac{r}{h} \right) = 0,09 h + 0,91 r.$$

Para los hornillos subcargados la ecuación será la

$$[27] \sqrt[3]{\frac{C''}{g}} = h \left(\frac{4 + 3n}{7} \right) = h \left(\frac{4h + 3r}{7h} \right) = \frac{4h + 3r}{7}$$

Ambas ecuaciones nos representan rectas inclinadas sobre la horizontal á $-\frac{0,91}{0,09}$ la primera y á $-\frac{3}{4}$ la segunda.

La figura 13 nos representa en LQ y LP estas dos rectas, la primera de las cuales es el lugar geométrico de los puntos que forman la curva de los bordes del embudo en los diferentes hornillos recargados, y la segunda representa el mismo papel para los hornillos subcargados.

Podemos, pues, seguir en la figura las variaciones que sufre el radio de explosión desde $h = o$ hasta $h = OP$. El estudio de la figura 13 nos revela en las fórmulas de Lebrun un defecto que aún no habíamos visto en ellas, y es su falta de continuidad. En efecto, si desde O bajamos á la línea LP una perpendicular OK , ésta será el radio de explosión correspondiente á la línea de mínima resistencia OB , pero es menor que las dos oblicuas que quedan á ambos lados de ella, luego esto nos dice que, según las fórmulas de Lebrun, los radios de explosión decrecen desde OP hasta OK , para crecer luego desde OK hasta OL . Si ahora bajamos

jamos desde O la perpendicular OK' á LQ observaremos en los hornillos recargados una circunstancia análoga. Esto no es posible, pues se comprende que el radio de explosión debe variar de una manera continua y por lo tanto las fórmulas de Lebrun son defectuosas. Luego veremos la curva que puede reemplazar á las dos rectas LQ y LP , de la cual sólo conocemos ahora los dos puntos L y P dados por la experiencia. Este inconveniente no tendría lugar si Lebrun hubiese partido del radio de explosión, en vez de partir del radio del embudo.

Las fórmulas [28]

$$[28] \quad C = g h^3 \quad ,, \quad C' = C (0,09 + 0,91 n)^3;$$

$$C' = C \left(\frac{4 + 3n}{7} \right)^3 \quad ,, \quad n = \frac{r}{h}$$

sirven para resolver muchos problemas, pues combinando la primera, segunda y cuarta, ó la primera, tercera y cuarta pueden hallarse tres de las cantidades C , C' , h , r , n , g , dadas las otras tres. A estas fórmulas podemos añadir la

$$[29] \quad R = \sqrt{r^2 + h^2} = \sqrt{n^2 h^2 + h^2} = h \sqrt{n^2 + 1}$$

que sirve para determinar el radio de explosión é introduce una nueva cantidad.

Propongamos, por ejemplo, determinar la carga y radio de explosión correspondientes á un hornillo recargado, cuya línea de mínima resistencia y radio del embudo son conocidos, sabiendo además que debe obrar en terreno ordinario. La cuarta de las ecuaciones [28] nos da el valor de n , que substituído junto con el de h en la [29] nos determina el radio de explosión. La primera de las fórmulas [28] nos da el valor de C , que substituído en la segunda junto con el de n , nos resuelve el problema. Si los datos fuesen R y n , deduciríamos de la [29] el valor de h y éste substituído en la segunda de las [28], puesta bajo la forma [30],

$$[30] \quad C' = g h^3 (0,09 + 0,91 n)^3$$

nos acabaría de resolver el problema.

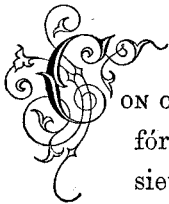
El valor de r se hallaría por medio de la cuarta de las ecuaciones [28].

De un modo análogo resolveríamos cualquier otro problema que se nos presentase.



CAPÍTULO SEGUNDO.

Teoría de Dambrun.—Comparación con la de Lebrun.— Consecuencias.



Con objeto de remediar los inconvenientes que presentan las fórmulas de Lebrun, el capitán de ingenieros francés Monsieur Dambrun dió á conocer en 1863 la fórmula de que vamos ahora á ocuparnos.

A consecuencia de una serie de experiencias dedujo para el valor del radio de explosión de un hornillo cualquiera la fórmula [31] Fórmula
de
Dambrun.

$$[31] \quad R = h' + 0,41 h$$

en la cual h' representa, como anteriormente, la profundidad á que debe colocarse la carga C' para obrar como hornillo ordinario, profundidad que puede deducirse de la fórmula $C' = g h'^3$, en la que son conocidos C' y g : h es la línea de mínima resistencia dada. Por otro lado sabemos que el valor de R es

$$[32] \quad R = h \sqrt{1 + n^2}$$

Igualando estos dos valores resulta

$$[33] \quad h' + 0,41 h = h \sqrt{1 + n^2}$$

de donde

$$[34] \quad \frac{h'}{h} = \sqrt{1 + n^2} - 0,41$$

Observemos, antes de pasar adelante, que si en la fórmula [32] suponemos $n = 1$ resulta $R = 1,414 h$; pero en esta hipótesis $h' = h$ y el

valor de R dado por la fórmula [31], será $R = 1,41 h$. De aquí deducimos que el valor

$$[35] \quad R = h' + 0,414 h$$

sería más aproximado que el [31] y el de $\frac{h'}{h}$ sufrirá la modificación

consiguiente. Substituyendo el valor de $\frac{h'}{h}$ así modificado en la ecuación

$$[36] \quad \frac{C'}{C} = \frac{h'^3}{h^3}$$

la fórmula de las cargas, ó sea el valor de C' , será el [37]

$$[37] \quad C' = C (\sqrt{1 + n^2} - 0,414)^3 = g h^3 (\sqrt{1 + n^2} - 0,414)^3 = g (R - 0,414 h)^3.$$

Otro oficial de ingenieros francés, Mr. Ricour, ha llegado á la misma fórmula por consideraciones puramente teóricas.

Si en la fórmula [37] suponemos $n = 1$ y $n = 0$ resultan para C' los siguientes valores:

$$n = 1 \quad ,, \quad C' = C \quad ,, \quad n = 0 \quad ,, \quad C' = 0,20 C = \frac{1}{5} C$$

resultados que coinciden con la fórmula de Lebrun. En efecto, allí vimos que para $n = 0$, ó lo que es lo mismo, en el humazo máximo, la carga era igual á $0,19 C$, cantidad que podemos considerar igual á la anterior.

La fórmula [37] tiene sobre la de Lebrun la ventaja de que sirve para toda clase de hornillos, es decir, para todos los valores de n desde cero hasta infinito.

Dambrun ha determinado fórmulas empíricas para conocer la profundidad $a b$ del embudo (fig. 14, lám. 1), cantidad que no debe confundirse con la línea de mínima resistencia, pues las tierras que vuelven á caer dentro de él y las que, no quedando sostenidas, resbalan á lo largo de las paredes del embudo, modifican su forma primitiva. El cálculo de esta profundidad sólo es necesario cuando se quiere saber si la excavación producida en el terreno puede cubrir un objeto de una altura determinada; pero en general, este elemento tiene poca importancia en la práctica.

Llamando p á la línea $a b$, Dambrun da, para calcularla, las fórmulas

$$[38] \quad p = 0,80 (R - h) \quad ,, \quad p = \frac{1}{3} h (2n - 1);$$

pudiendo emplearse una ú otra, según las cantidades que se conozcan.

No se crea que la segunda de las fórmulas se deduce de la primera poniendo en ella en vez de R su valor, pues entonces el valor de p sería

$$0,08 (\sqrt{1 + n^2} - 1) h.$$

Dambrun dice que la segunda fórmula es suficientemente aproximada para los valores de n comprendidos entre 1 y 3; pero no puede emplearse para valores de n menores que la unidad. En efecto, para $n = \frac{1}{2}$ da $p = 0$, lo que no es admisible. Si en la segunda de las fórmulas [38] suponemos $n = 1$, ó sea que el hornillo es ordinario, $p = \frac{1}{3} h = 0,33 h$, para $n = 2$, $p = h$, lo que está conforme con los resultados obtenidos por Lebrun.

Ya hemos indicado lo que eran efectos de dilaniación y claro es que cuando el hornillo produce efectos exteriores, el terreno no sólo queda grieteado en las capas comprendidas entre la esfera de dilaniación y la de ruptura, sino que estas grietas aparecen también en la superficie del terreno comprendido entre ambas esferas. De ahí que haya efectos de dilaniación exteriores y efectos de dilaniación interiores. Lebrun admite que el radio del círculo dentro del cual se manifiestan los efectos de dilaniación en la superficie del terreno es igual á $1,50 h$, en un hornillo ordinario g , por lo tanto el radio interior de dilaniación será igual á (fig. 15, lám. 2)

$$\sqrt{oc^2 + cb^2} = ob = \sqrt{h^2 + (1,50)^2 h^2} = 1,80 h$$

y como en el hornillo ordinario $h = \frac{R}{\sqrt{2}}$ el radio interior de friabilidad será próximamente igual á $1,30 R$. Según Dambrun el valor de ob varía entre $1,30 R$ y $1,50 R$; puede admitirse en todos los casos el valor de $1,40 R$, con un error menor de $\frac{1}{7}$. El radio exterior de dilaniación cb será igual según esto á

$$\sqrt{1,40 R^2 - h^2} = \sqrt{2 R^2 - h^2}$$

próximamente.

La determinación de los radios de dilaniación no es de gran importancia. El único caso en que puede ser útil conocerlos, es cuando se quiere saber á qué distancia del punto en que un hornillo ha hecho explosión, podrán emprenderse inmediatamente trabajos, sin que los operarios puedan ser asfixiados ó molestados por los gases de la explosión que quedan entre las grietas del terreno comprendido dentro la esfera de dilaniación.

Cargas
cilíndricas.

Estudiemos ahora los efectos de las cargas cilíndricas, pues hasta aquí las hemos supuesto en cajas cúbicas. Según Mr. Dambrun, una carga cilíndrica produce un embudo cuya base es una elipse; y así como en los embudos de base circular queda alrededor de ella una parte de tierra levantada que constituye los rebordes del embudo, en los de base elíptica estos sólo se observan cerca del eje menor de la elipse, como lo indica la figura 16, lámina 2.

En el caso en que la carga alargada tenga su eje mayor perpendicular á la superficie del terreno, la elipse se convierte en un círculo. Ahora bien, como la base del embudo es siempre la intersección de la superficie del terreno con aquella en la cual la presión de los gases de la pólvora es igual á la atmosférica, resulta que en este caso esta última superficie es un elipsoide de revolución cuyo eje coincide con el de la carga, pues tiene por secciones paralelas á él elipses, y por secciones perpendiculares círculos. En este caso hay una infinidad de radios del embudo y de radios de explosión; pero claro es que las líneas más importantes son los ejes de la elipse, base del embudo, y los del elipsoide de ruptura. Sean, pues, A y B (fig. 17, lám. 2) los semi-ejes del elipsoide ó sea los de su sección principal $m n p q$; y a y b los de la base del embudo. Así como antes tratábamos de relacionar las cantidades r , R , h , n y c , ahora debemos buscar relaciones entre a , b , A , B , h y C .

El autor de quien extractamos esta teoría dice: «que modificándose los semi-ejes a y b con la posición de la carga, es preciso tener en cuenta que sólo son comparables entre sí los resultados obtenidos, cuando la carga tiene una misma posición con respecto á la superficie del terreno,» por cuya razón nos ocuparemos de los tres casos que pueden ocurrir, es

decir, cargas paralelas, cargas oblicuas y cargas perpendiculares á la superficie del terreno.

PRIMER CASO. *Cargas alargadas paralelas á la superficie del terreno.*—En este caso la sección principal del elipsoide y la base del embudo son dos elipses semejantes, y si llamamos m á la relación que existe entre los semi-ejes de estas elipses tendremos las relaciones (fig. 17, lám. 2)

$$[39] \quad A = m B \quad ,, \quad a = m b.$$

El valor de m es función de $\frac{l}{d}$ (que representa la relación de la longitud de la carga á su diámetro) según ha hallado Mr. Dambrun experimentalmente.

En cuanto á la cantidad d hay que observar que no representa el diámetro de la cámara que contiene el cartucho, sino el diámetro correspondiente á la carga, si estuviese uniformemente repartida en toda su longitud. Cuando se carga una cámara cilíndrica, hay que colocar en general varios cartuchos, unos á continuación de otros, y entre ellos existen huecos que no contienen pólvora, y según sean estos mayores ó menores, la carga por unidad de longitud es diferente.

Si llamamos C el peso de la carga en kilogramos, y l la longitud que ocupa en metros, $\frac{C}{l}$ será la carga por metro corriente y el valor de d el que corresponde á la carga $\frac{C}{l}$. Este valor de d es muy fácil de calcular, sabiendo que en un barreno de 0^m,20 de diámetro cada metro de longitud contiene 20 kilogramos de pólvora. Ahora bien, como los volúmenes de dos cilindros de la misma longitud son proporcionales á los cuadrados de los diámetros de sus bases, podemos establecer la siguiente proporción:

$$\frac{C}{l} : 20 \text{ kilogramos} :: d^2 : 0,20^2$$

de donde

$$d = \sqrt{0,002 \frac{C}{l}}.$$

En cuanto al valor de m se halla representado según Mr. Dambrun por la fórmula

$$[39] \quad m = 0,66 \sqrt[4]{\frac{l}{d} + 4}.$$

Esta relación sólo puede usarse entre ciertos límites, pues para $\frac{l}{d} = 0$ debería dar $m = 0$, lo que no sucede, y esto prueba que no es exacta para los valores de $\frac{l}{d}$ próximos á cero. Si $\frac{l}{d} = 0,88$ „ $m = 1$, es decir, que la elipse se convierte en un círculo.

Esto no nos sorprenderá, teniendo en cuenta que $l = 0,88 d$ es el lado de un cuadrado equivalente al círculo cuyo diámetro sea d , y por lo tanto la carga en este caso puede considerarse como cúbica. Resulta de esta observación que la fórmula [39] puede considerarse como exacta desde $\frac{l}{d} = 0,88$ en adelante; Mr. Dambrun ha encontrado $\frac{l}{d} = 63$ como límite superior de los valores á que puede aplicarse la fórmula [39]. Si $\frac{l}{d}$ fuese menor que 0,88, la carga, en vez de ser alargada, sería aplastada. Para ver si aún en este caso la fórmula [31] era aplicable, Mr. Dambrun ha construído la curva representada por dicha ecuación, tomando por abscisas los valores de $\frac{l}{d}$ y por ordenadas los de m ; pero solamente lo ha hecho entre los límites $\frac{l}{d} = 0,88$ y $\frac{l}{d} = 63$, y teniendo en cuenta que como para $\frac{l}{d} = 0$ debe tenerse $m = 0$, la curva ha de pasar por el origen. La curva así construída da para $\frac{l}{d} = 0,50$, $m = 0,96$, y para $\frac{l}{d} = 0,25$, $m = 0,80$; la fórmula da $m = 0,96$ para $\frac{l}{d} = 0,50$ y $m = 0,94$ para $\frac{l}{d} = 0,25$, lo que nos dice que podemos considerar como exacta la ecuación [39] desde $\frac{l}{d} = 0,50$ hasta $\frac{l}{d} = 63$, límites que bastan en la práctica. Las cargas aplastadas tienen la propiedad de disminuir los efectos de proyección, sin que por esto disminuya el

volúmen del embudo, por cuya razón en algunos casos pueden ser preferibles á las cúbicas.

Conocido el valor de m vamos á determinar los valores de A , B , a y b . El valor de B se determina muy fácilmente, pues según las experiencias de Dambrun, si llamamos C á la carga cilíndrica ó alargada, B representa el radio de explosión correspondiente á la carga cúbica $\frac{C}{m}$, colocada á la misma profundidad h que C ; A se deduce de la relación $A = m B$.

Para hallar el valor de b observemos que siendo el elipsoide de la figura 17 de revolución alrededor del eje A , la sección principal perpendicular á él será un círculo de radio igual á B (fig. 18, lám. 2) y en el cual $2b$ será una de sus cuerdas, y tendrá por valor $2\sqrt{B^2 - h^2}$; y por consiguiente

$$b = \sqrt{B^2 - h^2} \quad a = m b = m \sqrt{B^2 - h^2}.$$

Quedan, pues, determinadas todas las líneas que caracterizan la base del embudo y el elipsoide de explosión.

SEGUNDO CASO. *Cargas oblicuas con relación á la superficie del terreno.*—Sea, por ejemplo, una carga $A' B'$, que forma con la superficie del terreno un ángulo cuya tangente representamos por α . Los efectos producidos por esta carga serán evidentemente los mismos que los de la carga $A B$, situada á igual profundidad, ocupando la misma longitud y teniendo el mismo peso; pero así como antes la base del embudo resultaba de la intersección del elipsoide de ruptura con un plano perpendicular al eje, ó lo que es lo mismo, paralelo á uno de los principales, ahora dicha curva será la intersección del mismo elipsoide con un plano que forme con el citado un ángulo cuya tangente será α y por consiguiente, llamando a' y b' á los semi-ejes de la elipse base, los valores de éstos serán

$$[40] \quad a' = m \sqrt{\frac{1 + \alpha^2}{1 + m^2 \alpha^2}} \quad \sqrt{B^2 - h^2} \frac{1 + \alpha^2}{1 + m^2 \alpha^2}$$

$$b' = \sqrt{B^2 - h^2} \frac{1 + \alpha^2}{1 + m^2 \alpha^2}.$$

La relación $\frac{a'}{b'}$ en vez de ser igual á m tendrá por valor

$$m \sqrt{\frac{1 + \alpha^2}{1 + m^2 \alpha^2}}$$

Si la carga es perpendicular á la superficie del terreno $\alpha = \infty$ y los valores de a' , b' serán

$$[41] \quad a' = b' = \sqrt{B^2 - \frac{h^2}{m^2}}$$

lo que nos dice que la elipse se convierte en un círculo.

La profundidad p del embudo se determinará en el caso de las cargas cilíndricas por la fórmula

$$[42] \quad p = 0,85 (R - h)$$

en la que R representa el radio de explosión perpendicular á la superficie del terreno; es decir, B , si la carga es paralela á aquélla, y A , si le es perpendicular.

En cuanto á los efectos de dilaniación, supone Mr. Dambrun que tienen lugar en la zona comprendida entre el centro del hornillo y un elipsoide cuyos semi-ejes son $b' = \sqrt{2 B^2 - h^2}$ y $a' = m b'$; pero no hay experiencias que confirmen estas aseercciones.

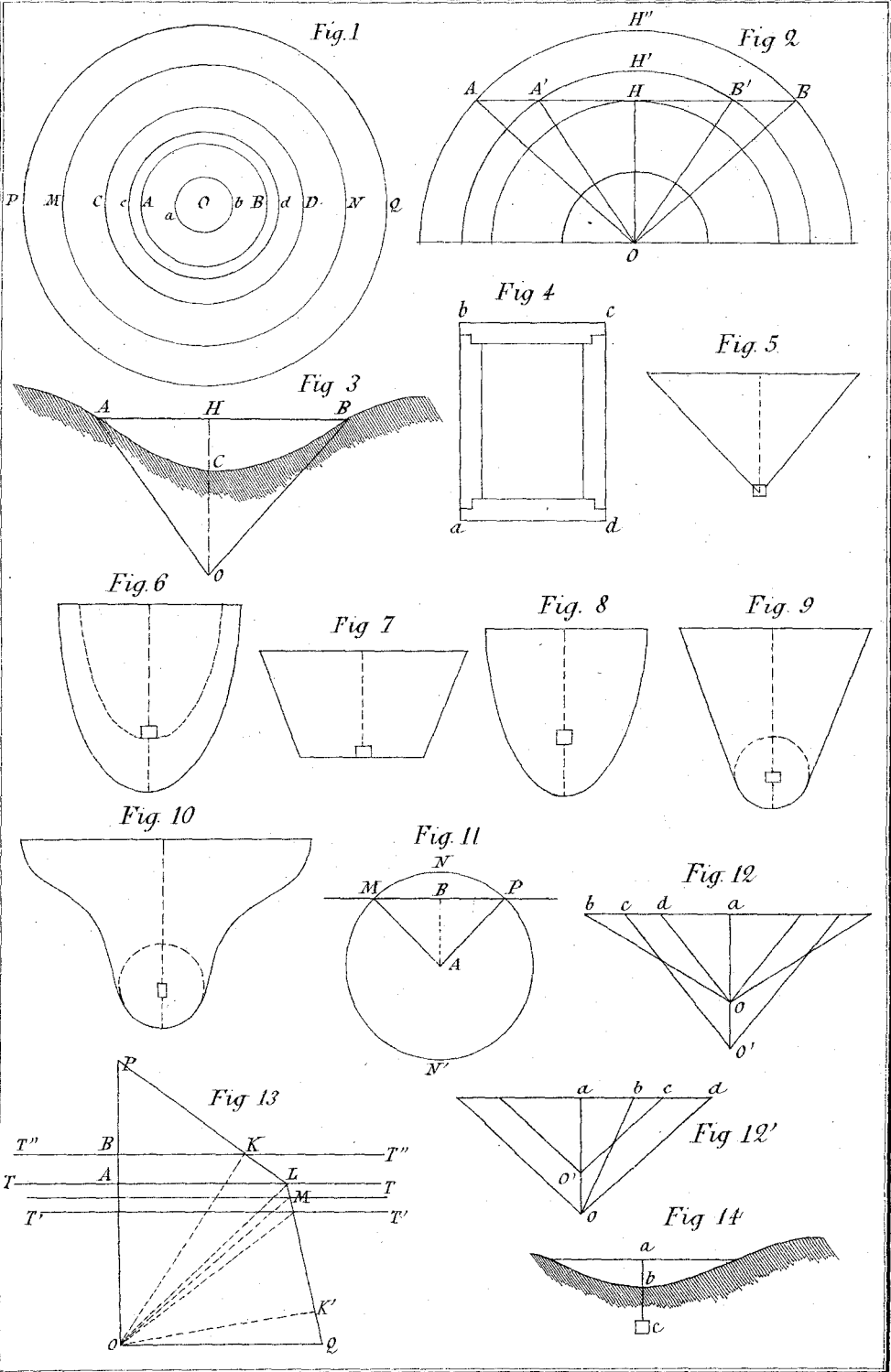
La tabla siguiente nos presenta reunidas todas las fórmulas relativas al primer caso que hemos considerado al tratar de las cargas cilíndricas

$$[43] \quad \left\{ \begin{array}{l} a = m b, \quad A = m B, \quad m = 0,66 \sqrt{\frac{l}{d} + 4}, \quad d = \sqrt{0,002 \frac{C}{l}} \\ b = \sqrt{B^2 - h^2}, \quad B = \text{radio de explosión correspondiente á } \frac{C}{m} \end{array} \right.$$

Tenemos, pues, seis relaciones entre nueve cantidades y podemos hallar seis de ellas, dadas las otras tres.

Ejemplo: propongámonos determinar la carga que debe darse á un hornillo situado á 3 metros de profundidad para producir un embudo cuya base sea una elipse en que $a = 4,8$ metros, $b = 4$ metros.

La primera de las ecuaciones [43] da



$$\frac{a}{b} = \frac{4,8}{4} = 1,2 = m;$$

la sexta determina el valor de

$$B = \sqrt{b^2 + h^2} = \sqrt{16 + 9} = \sqrt{25} = 5$$

Si ahora hallamos la carga cúbica correspondiente al radio de explosión B , tendremos el valor de $\frac{C}{m}$; y como conocemos m , el de C . El valor del radio de explosión correspondiente á una carga cúbica, obrando á la profundidad h , es $h \sqrt{1 + n^2}$ y como acabamos de hallarlo igual á 5 metros,

$$h \sqrt{1 + n^2} = 3 \sqrt{1 + n^2} = 5 \quad ,, \quad 9(1 + n^2) = 25 \quad ,,$$

$$n = \sqrt{\frac{25 - 9}{9}} = \sqrt{\frac{16}{9}} = \frac{4}{3} = 1,3.$$

Suponiendo que el hornillo obre en terreno ordinario, el valor de $\frac{C}{m}$ será

$$\frac{C}{m} = 1,50 \times 3^3 \left(\sqrt{1 + (1,3)^2} - 0,414 \right)^3$$

de donde $\frac{C}{m} = 59$ kilogramos próximamente y $C = 59 \times 1,2 = 70,8$ kilogramos.

Substituyendo el valor de m en la tercera de las fórmulas [43] resulta $l = 6d$ próximamente; poniendo en la cuarta de las [43] en vez de l , $6d$, resulta $d = 0,28$ y por consiguiente $l = 1,68$ metros.

El valor de A se deducirá de la segunda de las [43] y será $A = 1,2 \times 5 = 6$ metros; el problema queda, pues, completamente resuelto. La teoría de Dambrun es superior á la de Lebrun, pues parte del radio de explosión como línea fundamental y esto es ya una gran ventaja, porque es indudable que esta línea, que marca el límite hasta el cual se extienden los efectos de ruptura del hornillo, está más íntimamente ligada con él que el radio de la base del embudo, línea fundamen-

tal de la teoría de Lebrun. Además, las tres fórmulas de la teoría de Dambrun se reducen á una sola y ésta para los hornillos subcargados es mucho más exacta que la de Lebrun.

Quizá no sea la fórmula de Dambrun tan general como su autor pretende, pero para usarla en los casos que más generalmente se presentan es suficientemente exacta. En cuanto á lo relativo á cargas alargadas, la teoría es algo incompleta, pero así y todo es la que da mayor número de datos prácticos y medios más fáciles de resolver el problema.

Determinación analítica.

En la teoría de Lebrun vimos que partiendo del principio de que el crecimiento del radio de la base del embudo era proporcional al de la línea de mínima resistencia, podíamos hallar analíticamente las fórmulas para los hornillos subcargados y recargados. La hipótesis de Dambrun equivale á suponer que existe proporcionalidad entre los crecimientos de los radios de explosión y los de la línea de mínima resistencia, y vamos á ver cómo partiendo de esta hipótesis, llegamos á la fórmula de Dambrun. Sea R el radio de explosión de un hornillo cualquiera que tenga h por línea de mínima resistencia, y h' la correspondiente al mismo hornillo obrando como ordinario. La hipótesis de que acabamos de hablar puede expresarse por la ecuación

$$[44] \quad \frac{dR}{dh} = A.$$

$$[45] \quad R = Ah + K.$$

Para determinar las constantes A y K observemos que para $h = h'$, $R = h' \sqrt{2}$; si suponemos que el hornillo se convierte en humazo máximo, y llamamos C' á la carga correspondiente á la línea de mínima resistencia h , que es la que produce el humazo, y C á la carga que á la misma profundidad produce hornillo ordinario; entre C y C' existe, según ya hemos visto, la relación

$$C' = \frac{1}{5} C \quad \text{ó} \quad \frac{C'}{C} = \frac{1}{5} = \frac{h'^3}{h^3} = \frac{R'^3}{R^3}$$

de donde

$$R^3 = 5 R'^3 = 5 h'^3 \quad \text{y} \quad R = h' \sqrt[3]{5},$$

pero como en el humazo máximo el radio de explosión y la línea de mínima resistencia son iguales

$$[46] \quad \begin{cases} h' \sqrt{2} = A h' + K \\ h' \sqrt[3]{5} = A h' \sqrt[3]{5} + K, \end{cases}$$

de donde

$$[47] \quad \begin{cases} A = \frac{\sqrt[3]{5} - \sqrt{2}}{\sqrt[3]{5} - 1} = \frac{1,70 - 1,41}{1,70 - 1} = \frac{0,29}{0,7} = 0,41 \\ K = 1,41 h' - 0,41 h' = h' \end{cases}$$

y

$$R = 1,41 h + h'$$

que es el valor hallado experimentalmente por Dambrun.

Hemos visto la importancia de la curva de los bordes del embudo al tratar de la teoría de Lebrún, y como de su estudio podemos deducir algunas consecuencias útiles, vamos á determinar la naturaleza de dicha curva en la teoría de Dambrun. Su ecuación es la

$$[48] \quad \frac{C'}{g} = h^3 (\sqrt{1 + n^2} - 0,41)^3 = h^3 \left(\sqrt{1 + \frac{r^2}{h^2}} - 0,41 \right)^3 = (\sqrt{h^2 + r^2} - 0,41 h)^3.$$

Por medio de una fácil transformación vamos á convertir esta ecuación en la de una curva conocida. Observemos que $\frac{C'}{g} = h^3$, pues, á la profundidad h' , obra C' como hornillo ordinario; podremos escribir la ecuación [48] bajo la forma

$$[49] \quad h' = \sqrt{h^2 + r^2} - 0,41 h$$

pero 0,41 es igual á $\sqrt{2} - 1$ y por lo tanto, la ecuación [49] da, introduciendo esta modificación y haciendo desaparecer el radical,

$$[50] \quad r^2 + h^2 = (h' + (\sqrt{2} - 1) h)^2$$

$$[51] \quad r^2 + 2(\sqrt{2} - 1) h^2 - 2(\sqrt{2} - 1) h h' - h'^2 = 0$$

ecuación de una elipse cuyo centro está sobre el eje de las h , pues no varía cambiando r en $-r$.

Podemos determinar directamente, y sin necesidad de recurrir á su ecuación, la curva de los bordes del embudo. Sea O (fig. 19, lám. 2) el centro del hornillo, PQ , MA , ZS , etc., los planos que limitan la superficie del terreno y OZ la profundidad h' correspondiente á la carga O obrando como hornillo ordinario. OA , ó sea el radio de explosión, tendrá por valor $h' + 0,414 h$. Del triángulo rectángulo ZAM se deduce la igualdad

$$[52] \quad \overline{AZ}^2 = \overline{ZM}^2 + \overline{MA}^2$$

pero tenemos

$$[53] \quad \overline{AM}^2 = \overline{OA}^2 - \overline{OM}^2.$$

$$[54] \quad \left\{ \begin{array}{l} \overline{AZ}^2 = \overline{ZM}^2 + \overline{OA}^2 - \overline{OM}^2 = \overline{OA}^2 + (OZ - OM)^2 - \\ (OZ - ZM)^2 = \overline{OA}^2 + \overline{OM}^2 - 2OM \cdot OZ - \overline{ZM}^2 + 2OZ \cdot ZM = \\ \overline{OA}^2 + \overline{OM}^2 - 2OM \cdot OZ + ZM(2OZ - ZM) = \\ (0,414 h + h')^2 + h'^2 - 2 h h' + (h' - h)(2 h' - (h' - h)) = \\ (0,414 h)^2 + h'^2 + 2 \times 0,414 h h' + h^2 - 2 h h' + h'^2 - h^2 = \\ 2 h'^2 - 2 h h' (1 - 0,414) + (0,414 h)^2 \end{array} \right.$$

En todas estas transformaciones téngase en cuenta que $(1,414)^2 = 2$ y $1 - 0,414 = 0,586 = 0,414 \times 1,414$ próximamente; el valor de \overline{ZA}^2 podrá ponerse, por consiguiente, bajo la forma

$$[55] \quad \overline{ZA}^2 = (1,414 h')^2 + (0,414 h)^2 - 2 h h' \\ (0,414 \times 1,414) = (1,414 h' - 0,414 h)^2.$$

Luego

$$OA + ZA = h' + 0,414 h + 1,414 h' - 0,414 h = 2,414 h'$$

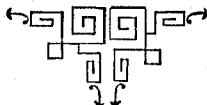
Cantidad constante, pues h' no varía mientras sea la misma la carga y el terreno. La curva es, por consiguiente, una elipse, como ya nos había demostrado la ecuación [51]. Comparando esta curva con la de Lebrun vemos que es continua, y que los radios de explosión crecen cons-

tantemente desde $h = 0$ hasta $h = OK$ correspondiente al humazo máximo. Los focos de la elipse son O y Z y la excentricidad $\frac{1}{2} h'$. La curva de los bordes del embudo nos demuestra una propiedad importante, y es, que cuando la línea de mínima resistencia es igual á $\frac{1}{2} h'$, el radio del embudo es máximo, pues es igual al semi-eje menor PQ de la elipse. Observando con atención la curva, se deduce además que mientras el hornillo obra como recargado los radios de los embudos están comprendidos entre OR y ZS , y apenas se diferencian entre sí en $\frac{1}{10}$, lo que ha hecho suponer á muchos minadores, por analogía, que los efectos subterráneos de las cargas son constantes, cualquiera que sea la profundidad á que obran.

Los puntos A, S, K , correspondientes á la curva de los bordes del embudo, tienen la propiedad de que en ellos hay equilibrio entre la presión de los gases de la pólvora y la atmosférica; son por consiguiente puntos en que la fuerza que parte del foco O tiene un valor constante, y como la curva que los une es una elipse, podemos deducir que la fuerza que emana del punto O , ó sea la presión de los gases de la pólvora, varía en razón inversa de los cuadrados de las distancias. Aunque esto no puede admitirse más que en el caso de medios completamente elásticos, prueba mucho en favor de la teoría de Dambrun, el que nos conduzca á un resultado racional. Luego veremos esta ley confirmada por el estudio de los efectos subterráneos. Este resultado puede conducirnos á la determinación de la fuerza desarrollada por la explosión de la pólvora. Supongamos una carga de pólvora obrando en un terreno incompresible, y á una profundidad tal que produzca el humazo máximo. Siendo el medio completamente incompresible, el volumen ocupado por los gases después de la explosión será igual al de la carga, que supondremos llena una cámara esférica de radio r . Ahora bien, á la distancia h , la presión producida por los gases es igual á la atmosférica, luego á la distancia r será, según la ley hallada,

$$p = 1 \text{ atmósfera } \frac{h^2}{r^2}$$

Un terreno de arena muy compacta puede considerarse como incompresible; en este terreno $g = 2$ y la carga del humazo máximo es igual á $0,40 h^3$, pues ya sabemos que es el quinto de la correspondiente al hornillo ordinario. Esta carga llena una esfera cuyo radio es igual á $0,05 h$ próximamente, y teniendo en cuenta que la presión atmosférica equivale á 1,033 kilogramos resulta $p = 400$ atmósferas. Parece que este valor era ya admitido por Vauban y Lebrun, pero luego veremos que difiere mucho del hallado modernamente.



CAPÍTULO TERCERO.

Efectos interiores debidos á la explosión de los hornillos de mina.—Atraques.

YA hemos visto, al tratar de los efectos producidos por la explosión de la pólvora, que se formaba alrededor del centro del hornillo una esfera de compresión, y que todos los objetos situados dentro de ella y que no podían resistir á las presiones de las capas del terreno que los rodeaban, eran rotos. La determinación de la distancia hasta la cual son rotas las galerías de mina situadas dentro de la esfera de compresión producida por la explosión de una carga de pólvora dada, tiene muchísima importancia, pues en la guerra subterránea que tiene lugar durante el sitio de una plaza, el minador sitiador trata siempre de romper las galerías del sistema de contraminas de la plaza sitiada. Sólo un número considerable de experiencias puede resolver el problema que hemos indicado, pues dada la imposibilidad de valuar exactamente la fuerza de las pólvoras, así como la resistencia de las diferentes clases de terreno, la teoría no tiene datos suficientes para llegar á un resultado definitivo.

Lebrun supone que para los hornillos ordinarios los efectos de ruptura se extienden á una distancia igual á $\frac{7}{4} h$, cuando los ejes de las galerías se hallan en el mismo plano horizontal que el centro del hornillo; y á la distancia $h \sqrt{2}$, cuando dichos ejes se hallan debajo del hornillo y en el plano vertical que pasa por su centro. En una palabra, la superficie de ruptura es un elipsoide de revolución cuyos semiejes hori- Hipótesis de Lebrun.

zontal y vertical son respectivamente iguales á $\frac{7}{4} h$ y $h\sqrt{2}$. Si la carga que daba hornillo ordinario aumenta ó disminuye, sin variar de profundidad, se convertirá aquél en recargado ó subcargado, y si llamamos m á la relación entre la carga que producía hornillo ordinario y la que lo produce recargado ó subcargado, los valores de los semiejes horizontal y vertical de ruptura serán, según Lebrun, $\frac{7}{4} h \sqrt[3]{m}$ y $h\sqrt{2} \sqrt[3]{m}$. Supongamos que sea h' la profundidad á que la carga $m c$ da hornillo ordinario; por la ley de minadores resulta la siguiente proporción:

$$m c : C :: h'^3 : h^3 \quad \text{de donde} \quad h' = h \sqrt[3]{m}$$

y por lo tanto los valores anteriores se convierten en $\frac{7}{4} h'$ y $h' \sqrt{2}$ ó sean los que corresponden á la carga $m c$ obrando como hornillo ordinario. La consecuencia á que nos conducen las hipótesis de Lebrun no puede admitirse, pues nos dice que los efectos subterráneos producidos por una carga de pólvora son siempre los mismos que cuando obra como hornillo ordinario, y por lo tanto independientes de su profundidad. Ahora bien, es evidente que á medida que la carga se halla á mayor profundidad, los efectos de proyección son menores y por consiguiente no se perderá en ellos tanta fuerza y ésta se empleará en producir efectos subterráneos. Además, cuanto más cerca se halla la carga de la superficie del terreno, la base del embudo será mayor, y por lo tanto los gases de la pólvora encontrarán salida más fácil y será menor el volúmen de los que obren subterráneamente.

Hipótesis
de
Villeneuve.

Más adelante Villeneuve, partiendo de la hipótesis de Lebrun, ideó dos superficies distintas de ruptura, llamada la una superficie de concusión ó de ruptura incierta, y la otra de ruptura cierta. Toda galería comprendida entre dichas dos superficies sufre una dislocación mayor ó menor, según sea su distancia al centro del hornillo; cuando la galería se halla dentro de la esfera de ruptura cierta, entonces queda completamente destruída por la explosión.

En cuanto á los valores de los radios de ruptura, son los expresados á continuación:

$$\begin{array}{l}
 \text{Ruptura incierta.} \\
 \text{Ruptura cierta.}
 \end{array}
 \left\{
 \begin{array}{l}
 R_c = h' \sqrt{2} \dots\dots\dots \text{Radio horizontal.} \\
 R'_c = h' \dots\dots\dots \text{Radio vertical.} \\
 \\
 R_c = \frac{7}{4} h' \dots\dots\dots \text{Radio horizontal.} \\
 R'_c = h' \sqrt{2} \dots\dots\dots \text{Radio vertical.}
 \end{array}
 \right.$$

Las superficies de ruptura son dos elipsoides de revolución tales como los que representa la figura 20, lámina 2, en la que O es el centro del hornillo; h' es la línea de mínima resistencia correspondiente al hornillo obrando como ordinario.

Puede suceder que la galería que se trate de destruir no se halle ni en el plano horizontal ni en el vertical que pasan por el centro del hornillo y para saber en este caso si será ó no destruída, es preciso determinar el valor del radio de explosión que forma con la vertical el ángulo α . Sea por ejemplo OA (fig. 21, lám. 2) la distancia del centro de la carga á la galería; la recta OA será un semidiámetro de la elipse meridiana y su valor se determinará por la fórmula

$$\begin{array}{l}
 \rho = \frac{7}{4} h' \sqrt{\frac{1 + \text{tang.}^2 \alpha}{\frac{49}{32} + \text{tang.}^2 \alpha}} \quad \text{ruptura incierta.} \\
 \\
 \rho = h' \sqrt{2} \sqrt{\frac{1 + \text{tang.}^2 \alpha}{\frac{49}{32} + \text{tang.}^2 \alpha}} \quad \text{ídem cierta.}
 \end{array}$$

Supongamos que se trate de determinar el radio de ruptura cierta cuya inclinación sea de 45° y corresponda á un hornillo recargado en en que $n = 2$; $h = 10$ metros. La fórmula

$$C' = g h^3 \left[\sqrt{1 + n^2} - 0,414 \right]^3$$

da para C' (suponiendo $g = 1,50$), $C' = 9000 = g h^3$; de donde se deduce $h' = 17,5$. Para $\alpha = 45^\circ$, el segundo valor de ρ se convierte en

$$\rho = h' \sqrt{2} \sqrt{\frac{2}{\frac{113}{32}}} = h' \sqrt{2} \sqrt{\frac{64}{113}}$$

y poniendo en vez de h' su valor, resulta

$$\rho = 18,62 \text{ metros.}$$

Las fórmulas de Villeneuve tienen los mismos defectos que las de Lebrun, pues parte también de la hipótesis de que los efectos subterráneos son los mismos cualquiera que sea la profundidad á que obre el hornillo. Además, ambas hipótesis no tienen en cuenta para nada la resistencia de las galerías de mina, y es evidente que dicha resistencia es uno de los datos con que debe contarse, pues una galería de primera clase no se romperá á la misma distancia que un ramal de segunda clase ú otra galería cuya sección transversal sea diferente, á no ser que esta diferencia esté compensada por la que exista entre las escuadrías de las piezas que las componen, lo que no sucede.

Teoría de
Dambrun.

Es, pues, evidente que para que una teoría de efectos subterráneos pueda dar, por lo menos, resultados aproximados, es necesario que tenga en cuenta la resistencia de las galerías que se trate de romper, y esto es lo que tiene lugar en la teoría de Dambrun. A consecuencia de las compresiones que tienen lugar en las capas de terreno comprendidas dentro de la esfera de ruptura, las tablas que forman el encofrado de las galerías sufren una presión que se transmite á las piezas de los bastidores que las sostienen, y según la resistencia de aquéllas sea mayor ó menor que las de éstas, empezará por unas ú otras la ruptura de la galería. La resistencia de las paredes de la galería estará, por consiguiente, determinada por la de sus tablas de revestimiento, ó por la de los montantes, y la del techo por la de dichas tablas ó la de las cumbreras. Siendo muy grandes las presiones desarrolladas por los gases de la pólvora y relativamente pequeñas las dimensiones de la sección transversal de las galerías, podemos considerar como uniformemente repartida la presión que obra sobre las diferentes piezas. La presión máxima que dichas piezas pueden resistir por metro cuadrado se determinará por la fórmula

$$P = 8000000 \frac{a b^2}{l}$$

en la que a , b y l representan la anchura, el espesor y la longitud de la pieza, tomando siempre por espesor la menor de las dimensiones de la sección transversal.

Según los cálculos de Dambrun los valores de P por centímetro cuadrado de sección se hallan expresados en la tabla siguiente:

	<u>TABLAS DE ENCOFRADO.</u>			
	<u>Montantes.</u>	<u>Cumbreras.</u>	<u>Paredes.</u>	<u>Techo.</u>
	<u>Kilógramos.</u>	<u>Kilógramos.</u>	<u>Kilógramos.</u>	<u>Kilógramos.</u>
Galerías de primera clase.	0,42	1,73	} 0,65	1,15
Idem de segunda.	0,53	1,73		
Ramales de primera clase.	0,56	1,03		
Idem de segunda.	0,67	1,23		

Esta tabla nos demuestra que cuando las galerías son atacadas de flanco, los montantes son las piezas más débiles, excepto en los ramales de segunda clase en que sucede lo contrario; es decir, que empiezan á romperse por las tablas de encofrado.

Cuando se ataca el techo de las galerías, las tablas del encofrado son las primeras que ceden, exceptuando los ramales de primera clase cuyas partes más débiles son las cumbreras.

La experiencia ha demostrado que cuando las galerías son atacadas por sus flancos, la ruptura de los montantes es la causa de su destrucción, y cuando son atacadas por el techo ésta proviene en general de la de las tablas del encofrado.

De lo dicho se desprende claramente que los datos experimentales adquiridos por medio de la destrucción de las galerías de mina no son aplicables más que á las de la misma especie.

Antes de dar á conocer los resultados experimentales obtenidos por Dambrun, vamos á exponer á continuación los que se obtuvieron á consecuencia de las experiencias hechas en Metz, Arras y Montpellier.

1.º Cuando un hornillo obra contra una galería recientemente construída, y sin atracar, se pueden aplicar para determinar los radios de ruptura cierta ó fractura las fórmulas de Villeneuve.

2.º Cuando las galerías tienen atraque, son de buena mampostería, ó de sección anular, el radio de fractura máximo es igual á $\frac{7}{8} h'$, siendo h' la línea de mínima resistencia correspondiente al hornillo obrando como ordinario.

3.º Si son ramales de combate el radio de fractura se reduce á $\frac{3}{8} h'$.

4.º Si el terreno entre la galería y el centro del hornillo ha sido removido ó está formado por un terraplén artificial, puede admitirse $\frac{7}{4} h'$ como valor del radio de fractura.

5.º Si dos hornillos a y b (fig. 22, lám. 2) están colocados en un mismo ramal, es necesario que la distancia entre ellos sea igual por lo menos á $\frac{6}{4} h$, siendo h la línea de mínima resistencia de a , si se quiere que al dar fuego á a , no haga b explosión. Además es necesario que la caja que contiene la carga b y la que contiene la salchicha, tengan la suficiente resistencia para no romperse al hacer explosión el hornillo a . Estos datos es conveniente tenerlos en cuenta, pues son aún muy usados entre los minadores.

Veamos ahora los datos experimentales debidos á Dambrun:

1.º Los efectos de ruptura de un hornillo cuyo radio de explosión sea R , terminan á las distancias siguientes:

$$\begin{array}{l} \text{Distancia vertical. . . . } L' = 0,95 R \\ \text{Distancia horizontal. . . } L = 1,25 R \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} L' = 0,95 R \\ L = 1,25 R \end{array}} \right\} \text{Ramales de segunda clase.} \\ \begin{array}{l} \text{Distancia vertical. . . . } L' = 0,95 R \\ \text{Distancia horizontal. . . } L = 1,37 R \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} L' = 0,95 R \\ L = 1,37 R \end{array}} \right\} \text{Galerías de segunda clase.} \quad [A]$$

En estas fórmulas L representa el radio de fractura horizontal y L' el vertical, debiendo emplearse el primer valor cuando las galerías son atacadas de flanco y el segundo cuando son atacadas por el techo. Comparando estos valores con los de Lebrun, es fácil ver que coinciden cuando los hornillos son ordinarios. En efecto, en este caso R es igual á $h' \sqrt{2}$ y substituyendo este valor en los de L y L' antes hallados, se obtiene $L = 1,25 R = 1,25 \times 1,41 h' = 1,76 h' = \frac{7}{4} h'$ y $L' = 1,37 R = 1,37 \times 1,41 h' = 1,93 h'$, próximamente igual á $2 h'$. Lebrun decía que, si bien los efectos peligrosos cesaban á la distancia $\frac{7}{4} h'$, sólo á la $2 h'$ podían considerarse las galerías libres de destrucción. Observemos además que el valor general de R es $h' + 0,414 h$ y reemplacemos la primera cantidad por la segunda en los valores de L y L' , con lo que obtendremos

$$L' = 0,95 R = h' + 0,41 h \text{ (próximamente);}$$

$$L = 1,25 R = 1,25 h' + 0,50 h \quad ; \quad L = 1,37 R = 1,37 h' + 0,56 h.$$

Si $h' = h$ estos valores coinciden con los dados por Lebrun; si $h' < h$ es decir, si el hornillo es subcargado, son mayores, y si $h' > h$ son menores; lo que nos dice que Lebrun ha indicado radios de fractura demasiado extensos en el segundo caso y pequeños en el primero. Esto es debido, como ya hemos indicado, á que no se tuvo en cuenta la cantidad de gases que se escapan al exterior, que es tanto más considerable cuanto mayor es la superficie del embudo. En las escuelas prácticas que han tenido lugar en Francia se han producido á menudo los hechos siguientes, que comprueban los valores obtenidos por Dambrun.

1.º Tres galerías de tercera clase, cuyos bastidores distaban sólo entre sí 0^m,50, apenas han sufrido destrucción á la distancia R .

2.º Un hornillo ordinario á 5 metros de profundidad, obrando simultáneamente contra una galería de primera clase y otra de segunda, situadas á la misma distancia, y en el mismo plano horizontal que el centro de aquél, ha producido rupturas cuya relación ha sido igual á $\frac{8}{7}$.

Para determinar la longitud en que es rota una galería situada á una distancia d de un hornillo de mina, parte Dambrun del dato de experiencia que vamos á dar á conocer. Sea d (fig. 23, lám. 2) la distancia OS del centro del hornillo á la galería, distancia que suponemos inferior al límite de ruptura; D la del mismo punto al M en que terminan los efectos de ruptura; ϕ el ángulo MOS , y L el límite de ruptura correspondiente á la galería; la experiencia ha demostrado que [B] $D = L \sqrt{\cos \phi}$. El triángulo OSM da $d = D \cos \phi$, de donde $\cos \phi = \frac{d}{D}$ y substituyendo este valor en la expresión de D y elevando al cuadrado, resulta la

$$D^3 = L^2 d \quad ; \quad D = \sqrt[3]{L^2 d}$$

La longitud de galería destrozada es igual á $2MS$, y MS tiene el valor $\sqrt{D^2 - d^2}$, deducido del triángulo rectángulo OMS . Como la cantidad D está dada en función de otras conocidas, como son L y d , tenemos los elementos necesarios para determinar la longitud de galería destrozada.

Si se construye un elipsoide de revolución cuyos semiejes tengan los valores que hemos hallado para los radios de ruptura horizontal y vertical, toda galería situada fuera de dicho elipsoide no sufre efecto alguno de ruptura.

Aun cuando no se admitan como exactos los datos experimentales de que partimos, la teoría de Dambrun tiene sobre la que antes hemos dado á conocer, la ventaja de tener en cuenta la resistencia de las galerías y es por lo tanto más racional. Sin embargo, esta teoría no hace distinción alguna entre las rupturas que inutilizan la galería por completo y las que sólo destruyen algunas piezas ó producen dislocaciones, lo que no deja de ser un inconveniente, pero no tan grave como á primera vista pudiera creerse, pues, á nuestro modo de ver, es casi imposible determinar hasta qué límite se extienden las rupturas que destruyen por completo las galerías, y gracias que podamos saber hasta qué distancia se extienden los efectos subterráneos.

Al tratar de los efectos exteriores de los hornillos hemos deducido, aceptando la teoría de Dambrun, que dichos efectos eran inversamente proporcionales á los cuadrados de las distancias. Vamos ahora á deducir la misma ley fundados en los efectos interiores. Para esto podemos valer nos de cualquiera de los datos experimentales que ya hemos dado á conocer, pero nos limitaremos á hacer uso de los [A] y del [B].

1.º Toda vez que $1,25 R$, $1,37 R$ y $0,95 R$ representan los radios de ruptura horizontales y verticales, correspondientes á las galerías de segunda clase y ramales, tambien de segunda clase, las presiones producidas á dichas distancias por los gases de la explosión, son respectivamente $0,65$ kilogramos, $0,53$ y $1,15$.

Las relaciones entre estas tres presiones son:

$$\frac{0^k,53}{0^k,65} = 0,82 \quad \text{,,} \quad \frac{0,65}{1,15} = 0,57 \quad \text{,,} \quad \frac{0,53}{1,15} = 0,47.$$

Las relaciones inversas entre los cuadrados de las distancias correspondientes á dichas presiones son:

$$\left(\frac{1,25}{1,37}\right)^2 = 0,83 \quad \text{,,} \quad \left(\frac{0,95}{1,25}\right)^2 = 0,58 \quad \text{,,} \quad \left(\frac{0,95}{1,37}\right)^2 = 0,48.$$

Comparando los valores de las tres primeras relaciones con los de las tres segundas, fácil es ver que pueden considerarse como iguales.

2.º Llamemos p , á la presión desarrollada por los gases de la pólvora á la distancia D (fig. 23) y p_1 la que corresponde al límite L de los efectos de ruptura. La fuerza p_1 , que obra según la dirección OM , puede descomponerse en dos, de las cuales sólo la componente perpendicular al eje de la galería contribuye á su ruptura. Ahora bien, como más allá de M no hay ya efectos de ruptura, claro es que $p_1 \cos \epsilon$, ó sea la componente de p_1 , perpendicular al eje de la galería, es igual al límite de la resistencia de aquélla, y como dicho límite es igual á su vez á p , resulta que $p = p_1 \cos \epsilon$, pero de la ecuación $D = L \sqrt{\cos \epsilon}$ se deduce que $\cos \epsilon = \frac{D^2}{L^2}$, y por consiguiente $\frac{p}{p_1} = \frac{D^2}{L^2}$; relación que nos confirma la ley hallada.

De la ley enunciada se deduce que toda vez que la variación de los efectos no depende más que de las distancias, estos son los mismos, cualquiera que sea la clase de hornillos, á las distancias expresadas por una misma fracción del radio de explosión y por consiguiente al extremo de dichos radios. Dicho valor es fácil de determinar. En efecto, en una galería de segunda clase el radio horizontal de ruptura es igual á $1,37 R$, y á esta distancia la presión por centímetro cuadrado es de $0,53$ kilogramos; á la distancia R la presión se determinará por la proporción

$$\frac{x}{0,53} = \frac{(1,37 R)^2}{R^2} \quad \text{,,} \quad x = 0,53 \times 1,37^2 = 1^k.$$

Si en vez de tomar por punto de partida la galería de primera clase, tomamos el ramal de segunda clase, la proporción será

$$\frac{x}{0,65} = \frac{(1,25 R)^2}{R^2} \quad \text{,,} \quad x = 0,65 \times 1,25^2 = 1^k,02.$$

Estos valores pueden considerarse iguales á la presión atmosférica que es $1^k,03$, lo que no debe extrañarnos, pues próximamente á la distancia R es cuando dicha presión equilibra los efectos de la presión desarrollada por los gases de la pólvora.

De lo que acabamos de indicar puede deducirse el valor de la presión

desarrollada por los gases de la pólvora á una distancia cualquiera del centro del hornillo. Llamemos p dicha presión y ρ la distancia del hornillo á que tiene lugar; como á la distancia R la presión es igual á $1^k,033$, resulta la relación

$$\frac{P}{1^k,033} = \frac{R^2}{\rho^2} \quad \text{''} \quad p = 1^k,033 \left(\frac{R}{\rho} \right)^2$$

De las consideraciones expuestas podemos deducir la distancia á que deberán colocarse las diferentes galerías, para no ser rotas por la explosión de un hornillo. En cuanto á las galerías de segunda clase y ramales de tercera nada tenemos que decir, pues hemos hallado $1,37 R$ y $1,25 R$ para valores de los radios de ruptura horizontales y $0,95 R$ para el radio de ruptura vertical.

RAMALES DE PRIMERA CLASE.—En este caso debemos substituir p por sus valores $0,56$ y $1,03$ y despejando el de ρ , se obtienen los valores $\rho = 1,35 R$,, $\rho = R$ (próximamente), según sea el ramal atacado por su flanco ó por su parte superior.

GALERÍAS DE SEGUNDA CLASE.—Los valores de p son $0,42$ y $1,73$, según se consideren atacadas las paredes laterales ó el techo, y los de ρ , $1,56 R$ y R (próximamente). Podemos deducir de los resultados que acabamos de encontrar la tabla siguiente:

	Radio horizontal de ruptura.	Radio vertical de ruptura.
Galería de segunda clase.	$1,56 R$	} R (próximamente.)
Idem de tercera.	$1,37 R$	
Ramal de segunda.	$1,35 R$	
Idem de tercera.	$1,25 R$	

Los ramales á la holandesa resisten aún mejor que los de segunda clase, pero pueden adoptarse para ellos los valores $1,25 R$ y R con lo que no se comete ningún error de importancia.

En algunas ocasiones puede quererse aumentar la resistencia de las galerías, y con este objeto se dobla el número de bastidores colocándolos á $0^m,50$ de distancia. En este caso puede admitirse como doble la resistencia que presenta la galería, y por lo tanto la relación entre los radios de ruptura correspondientes á las galerías de doble número de

bastidores y las sencillas será de $\sqrt{1} : \sqrt{2}$ ó $\frac{7}{10}$ próximamente, es decir, que multiplicando por dicha relación los valores de la tabla anterior, obtendremos los correspondientes al caso de que tratamos.

Cuando la galería presenta su cabeza á los hornillos, en vez de presentarle su flanco ó el techo, se ha notado que resiste mucho mejor los efectos de la explosión, lo que sin duda es debido á que estando unidos entre sí todos los bastidores en sentido longitudinal por medio del encofrado, la presión que sufre el primero, cuando el hornillo se presenta frente á la galería, se transmite á todos los demás, contribuyendo así todos á impedir la destrucción de aquélla. En este caso, se ha hallado que á $0,80 R$ ó $0,70 R$ del hornillo, la galería no sufre destrucción, pero Dambrun aconseja adoptar como radio de ruptura el valor de R .

Lo que hasta aquí hemos dicho respecto á efectos subterráneos, se refiere sólo á las cargas cúbicas; pero Dambrun lo hace extensivo á las cargas alargadas. En este caso hay que distinguir la posición de la galería con relación á los dos ejes del elipsoide de revolución en que se convierte la esfera de ruptura correspondiente á las cargas cúbicas. Así, por ejemplo, si se tiene un ramal de segunda clase paralelo al eje mayor del elipsoide de revolución, debe tomarse por radio de fractura $1,25 B$, y si es, por el contrario, paralelo al eje B , es decir, perpendicular al de la carga, $1,25 A$ será el valor de dicho radio. Según esto, podemos formar la tabla siguiente:

	RADIOS DE FRACTURA.			
	Horizontales.		Verticales.	
	POSICIÓN DE LA GALERÍA CON RELACIÓN Á LA CARGA.			
	Paralela.	Perpendicular.	Paralela.	Perpendicular.
Galería de 2. ^a	$1,56 B$	$1,56 A$		
Idem de 3. ^a	$1,37 B$	$1,37 A$		
Ramales de 2. ^a	$1,35 B$	$1,35 A$	B	A
Idem de 3. ^a	$1,25 B$	$1,25 A$		

Los valores que acabamos de determinar permiten resolver algunos problemas. Sirva de ejemplo el determinar la longitud de galería que podrá romperse con un hornillo ordinario de 500 kilogramos situado á 5 metros de la pared de dicha galería, que se supone de segunda clase; el hornillo obra en terreno ordinario.

La fórmula

$$C = g (R - 0,414 h)^3$$

se convierte en este caso, teniendo en cuenta que

$$h = \frac{R}{\sqrt{2}}$$

en

$$500 = 1,5 (R - 0,414 h)^3 = 1,5 \times \overline{0,7 R^3} = 0,51 R^3$$

de donde se deduce el valor de R , próximamente igual á 10. El radio de ruptura horizontal será, pues, $1,56 R = 15,60 = L$. Substituyendo este valor en la fórmula $D^3 = L^2 d$, en la que $d = 5$, se obtendrá $D = 10$ metros, y finalmente, por medio de la ecuación

$$l = \sqrt{D^2 - d^2} = \sqrt{100 - 25} = \sqrt{75} = 8,6.$$

Es decir, que se romperán próximamente 18 metros de galería.

Propongámonos ahora calcular en qué punto deberá colocarse el hornillo o (fig. 24, lám. 2), en terreno ordinario, para que rompa una longitud $2l$ de la galería ab , dejando intacta la cd ; ambas galerías se suponen de segunda clase y conocida la distancia mm' .

Lo mismo que en el caso anterior determinaremos el valor de R y por tanto el de $1,56 R$. Hecho esto las ecuaciones

$$D^3 = L^2 d \qquad l = \sqrt{D^2 - d^2}$$

en que L y l son conocidos, nos servirán para determinar D y d , lo cual exigirá algún trabajo porque al eliminar una de dichas cantidades se obtendrá una ecuación de grado superior. Determinado el valor de $d = om'$ y conociendo la distancia mm' , se obtendrá fácilmente om ; si $om' < 1,56 R$, el problema no será posible tal y como se ha planteado. En este caso, si se quiere evitar la ruptura de la galería cd , habrá que

disminuir el valor de C , con lo cual disminuirá la longitud de galería $a b$ destruída y el hornillo dejará de ser ordinario. Otra solución será alejar el hornillo O de $c d$ y aproximarle á $a b$, con lo cual se aumentará la longitud l de galería rota; este segundo procedimiento es el mejor, siempre que no resulte inconveniente en destruir una gran longitud de galería $a b$.

Cuando los hornillos en vez de obrar en terreno ordinario lo hacen en tierras removidas, las mismas cargas producen mayores efectos, y esto es debido á que no hay que vencer la cohesión de las tierras. Lebrun indica que habiéndose hecho obrar un hornillo ordinario en terreno ordinario, y habiendo rellenado luego el embudo resultante con las tierras proyectadas, se obtuvieron en una segunda experiencia los mismos efectos con una carga mitad menor. Partiendo de este dato deduce Dambrun que en las tierras removidas el valor del radio de explosión es igual á los $\frac{5}{4}$ del que produciría la misma carga en terreno virgen, y que todos los demás efectos de explosión aumentan en la misma relación, es decir, en $\frac{1}{4}$.

Tiene también mucha importancia el saber á qué distancia deben colocarse dos hornillos, para que la explosión del uno no destruya el otro y le impida, por lo tanto, funcionar á su debido tiempo. Esta distancia es, según Mr. Dambrun, igual á $0,75 R$ por lo menos. A distancias mayores, el segundo hornillo queda intacto al hacer explosión el primero. Si el terreno en vez de ser virgen ó muy coherente, fuese removido ó de poca cohesión, la distancia de que nos ocupamos deberá ser igual á $\frac{5}{4} (0,75 R) = 0,94 R$.

Cuando en una galería hay dos hornillos dispuestos como lo indica la figura 25, lámina 2, y el b tiene por objeto producir un efecto interior ó exterior determinado, y el a llenar el embudo á que da lugar el b , es necesario que la explosión del primero no destruya al segundo. Según acabamos de ver, y suponiendo que el hornillo b sea ordinario, como sucede en general, es necesario, si el terreno es coherente, que la distancia $a b$ sea igual por lo menos á $0,75 R$ y como $R = 1,41 h$; $0,75 R = 1,06 h$ ó h

próximamente; pero como en general el terreno estará removido á consecuencia de la construcción de las galerías, deberá adoptarse una distancia igual á $0,94 R = 1,33 h$.

En general la distancia entre a y b no debe ser menor de $1,25 h$, resultado que ha confirmado la experiencia.

Fórmula
para el caso
de medios
heterogé-
neos.

Puede ocurrir también el caso de que el terreno en que se haya de establecer un hornillo de mina se componga de capas heterogéneas (una capa de tierra vegetal y otra de arcilla ó roca, etc.), y en este caso no pueden calcularse las cargas del modo que hemos indicado, pues la resistencia del medio es variable en cada capa. Sean O (fig. 26, lám. 2) el punto en que deba colocarse el hornillo; h_1, h_2, h_3 , los espesores en cada una de las capas; $g, g', g'' \dots$ los coeficientes correspondientes á cada una de ellas, y $H = h_1 + h_2 + h_3 + \dots$ la línea de mínima resistencia. Supongamos que se substituye al terreno heterogéneo otro homogéneo cuyo coeficiente sea G ; en este caso se verificará la ecuación

$$G h_1^3 + G h_2^3 + G h_3^3 + \dots = g h_1^3 + g' h_2^3 + g'' h_3^3 \dots$$

de donde

$$G = \frac{g h_1^3 + g' h_2^3 + g'' h_3^3 + \dots}{h_1^3 + h_2^3 + h_3^3 + \dots}$$

Una vez determinado el valor de G , el de la carga se determinará por las fórmulas

$$C = G H^3 \quad \text{ó} \quad C = G H^3 (\sqrt{1 + n^2} - 0,414)^3$$

según sea ó no el hornillo ordinario.

Si $h_1 = h_2 = h_3 = \dots$, la fórmula se convertirá en la

$$G = \frac{h_1^3 (g + g' + g'' + \dots)}{n h_1^3} = \frac{g + g' + g'' + \dots}{n}$$

lo que era fácil de prever.

Dimensio-
nes de las
cajas.

Uno de los problemas que ocurre constantemente al cargar un hornillo de mina, es determinar las dimensiones de la caja que debe contener la carga. Esta cuestión es sumamente fácil de resolver. Sea C la carga de pólvora, D su densidad y l el lado de la caja que debe contenerla; el valor de l se deducirá por medio de la fórmula

$$l^3 = \frac{C}{D} \quad \text{ó} \quad l = \sqrt[3]{\frac{C}{D}}$$

Para la pólvora ordinaria, D es generalmente igual á 0,91, de modo que 1 kilogramo ocupa un volúmen de $0^{\text{m}^3},0011$ y por tanto C kilogramos ocuparán

$$l^3 = 0,0011 C; \quad l = \sqrt[3]{0,0011 C} = \frac{1}{10} \sqrt[3]{1,1 C} = 0,1 \sqrt[3]{1,1 C}.$$

La densidad del algodón pólvora comprimido, suele variar entre 1,05 y 1,25, de modo que 1 kilogramo ocupa $0^{\text{m}^3},00095$ á $0^{\text{m}^3},0008$, y por consiguiente, para

$$D = 1,05; \quad l^3 = 0,00095 C; \quad l = \frac{1}{10} \sqrt[3]{0,95 C}$$

para

$$D = 1,25; \quad l^3 = 0,0008 C; \quad l = \frac{1}{10} \sqrt[3]{0,8 C}.$$

En la dinamita D varía desde 1,40 á 1,60, para

$$D = 1,40; \quad l^3 = 0,00071 C; \quad l = \frac{1}{10} \sqrt[3]{0,71 C}$$

para

$$D = 1,60; \quad l^3 = 0,00062 C; \quad l = \frac{1}{10} \sqrt[3]{0,62 C}.$$

En la práctica puede tomarse para la dinamita y el algodón pólvora el valor

$$l = 0,09 \sqrt[3]{C}.$$

Claro es que si la caja no fuese cúbica, habría que determinar arbitrariamente una ó dos de sus dimensiones y hallar luégo la tercera. Si fuese, por ejemplo, cilíndrica, escogeríamos arbitrariamente su altura, y luégo determinaríamos el radio de la base ó recíprocamente. Generalmente las condiciones del problema determinarán en este caso algunas de las dimensiones ó á lo menos fijarán ciertos límites entre los que deben estar comprendidas.

Efectos del
vacío.

La observación de que cuando en las armas de fuego existe un vacío entre la carga y el proyectil, éstas suelen reventar, ha hecho creer á algunos minadores que era ventajosa la existencia de espacios vacíos al rededor de las cargas. Así lo consigna ya De Ville, que opina que el efecto de una carga contenida en una caja cuyo volúmen es doble del suyo es el mismo que el de una carga triple. Belidor y Gauss son de la misma opinión y Marescot hizo en 1800 en Maguncia, experiencias que demostraron que un vacío equivalente á 31 veces el volúmen de la carga, daba resultados favorables. Además dedujo Marescot de estas experiencias que la relación más conveniente entre el hueco y el volúmen de la carga era igual á 16.

Las experiencias hechas por el mismo ingeniero en Metz, en el año 1803, no fueron tan favorables como las anteriores al empleo de espacios vacíos; pero las hechas por Chasseloup en Alejandría, en 1805, dieron por resultado que era conveniente emplear espacios vacíos iguales á 12 veces el volúmen de la carga.

Las experiencias de Rusia han conducido á admitir como favorables, vacíos iguales á 10 veces el volúmen de las cargas; pero la comisión de Bapaume dedujo que dichos espacios vacíos eran perjudiciales; á la misma conclusión ha llegado el general inglés Bourgoyne relativamente á á los barrenos, á pesar de que las experiencias de Humbolt en el Hartz y de Roguet en Metz, demostraron lo contrario, particularmente las últimas, en las cuales se vió que un vacío doble del volúmen ocupado por la carga, permitía reducir ésta á la tercera parte.

Vemos, pues, que las experiencias distan mucho de estar conformes acerca de los resultados obtenidos, dejando espacios vacíos alrededor de la pólvora. Teóricamente parece á primera vista, que en el espacio vacío se irá acumulando una gran cantidad de gases, y por lo tanto, éstos al romper la caja tendrán una fuerza mucho mayor que en el caso de no existir el vacío, y obrar aquellos á medida que se van desprendiendo. Además, el aire comprimido que en el espacio vacío se reúne, contribuye á los efectos de la explosión. Por otra parte, claro es que el vacío existente alrededor de la carga disminuirá la cantidad de calor producido por la combustión de la pólvora, pues parte de él se perderá en mantener á la misma temperatura que el resto de la carga, los gases que ocupan el

vacío. Además, los granos de pólvora serán proyectados en dicho espacio y quedando aquella más dividida, la combustión se hará quizá con más rapidez y por consiguiente el vacío producirá el mismo efecto que emplear una pólvora más viva. Ahora bien, luégo veremos que el empleo de pólvoras muy vivas no conviene en ciertas circunstancias, por cuya razón no puede en general asegurarse si el vacío es ó no conveniente.

Para impedir que al hacer explosión la pólvora se escapen los gases siguiendo la galería, ramal ó pozo abierto para establecer el hornillo, es necesario llenar dichos huecos con materiales que presenten cierta resistencia. Esta debe ser, por lo menos, igual á la que encuentren los gases para producir su efecto en sentido de la línea de mínima resistencia, pues de lo contrario se escaparán por dicha galería ó ramal. El relleno de los caminos subterráneos que conducen al hornillo es lo que se llama *ataque*, y por lo que acabamos de decir vemos que teóricamente la longitud ha de ser igual á la línea de mínima resistencia.

Atraques.

Los minadores han hecho multitud de experiencias para llegar á determinar la longitud de los ataques. Según Lebrun, en los hornillos ordinarios debe ser igual á $2h'$, dato que ha sido confirmado por la experiencia. No nos debe extrañar esta discordancia entre el dato práctico y la consideración teórica hecha anteriormente. En efecto, el ataque puede formarse por medio de tierra apisonada, por medio de sacos terreros (fig. 28, lám. 2) solos ó combinados con viguetas de madera, ó bien empleando varias capas de viguetas que á su vez pueden alternar con otras de tepes, ó, finalmente, capas alternadas de tierra y tepes (fig. 29, lám. 2); en todos estos casos, por lo común, la cohesión será menor que si el terreno ó medio no hubiese sido removido, y por lo tanto esta menor resistencia que tendrán que vencer los gases en aquella dirección, deberá ser compensada por un aumento de longitud. Lebrun admite que este valor $2h$ puede aplicarse á toda clase de hornillos, sólo que en los recargados ó subcargados hay que reemplazar h por h' , lmr del hornillo dado obrando como ordinario. Esta hipótesis no puede admitirse y da en la práctica longitudes excesivas para los hornillos recargados y deficientes para los subcargados. Semejante fenómeno no es difícil de comprender. Cuanto mayor es la profundidad á que obra una misma carga de pólvora, menor es la base del embudo, y por tanto la cantidad de gases que por ella se

escapa es también menor; lo contrario sucede si la carga se aproxima á la superficie del medio. Ahora bien, claro es que una carga de pólvora al obrar como hornillo recargado, produce un embudo cuya base es mayor que si obrara como ordinario; luego hay más pérdida de gases y por lo tanto es menor la cantidad de los que obran sobre el atraque, y si antes era necesaria una longitud $2 h'$ para resistirlos, ahora será ésta excesiva. Lo contrario podríamos demostrar si el hornillo fuera subcargado. Resulta, pues, que el valor dado por Lebrun sólo es admisible para los hornillos ordinarios.

Dambrun opina que en el caso de cargas cúbicas, toda vez que $2 h = 1,41 R$ en los hornillos ordinarios, puede admitirse la cantidad $1,41 R$ como longitud del atraque para toda clase de hornillos, suponiendo que aquél se efectúe sólo con tierra ligeramente apisonada. Dicho minador afirma que la experiencia ha confirmado plenamente la bondad de este dato. En el caso de cargas alargadas, supongamos que sea $\frac{1}{2} l = o A$ (fig. 30, lám. 2) la semilongitud de la carga y $A = o D$ el radio mayor de explosión; la experiencia ha demostrado que siempre que $A D$, longitud del atraque, era igual ó superior á $A - \frac{1}{2} l$ tenía aquél suficiente resistencia y por lo tanto esta expresión indica la longitud mínima que debe darse al atraque.

Wauvermans, para hallar el valor de la longitud del atraque, se vale de la siguiente consideración. Si el atraque presentara la misma resistencia que el medio que rodea la pólvora, bastaría darle una longitud igual al radio de explosión, y por lo tanto igual á R ; puesto que el atraque presentará en general menos resistencia que el resto del medio, su verdadera longitud se obtendrá multiplicando R por un coeficiente T mayor que la unidad y será por lo tanto $T R$. El coeficiente T depende del material empleado para efectuar el atraque, y es, por lo tanto, variable. Dicho autor se conforma con los siguientes valores para T :

$$\text{Atraque de tierra y tepes. } T = \frac{4}{3} = 1,33$$

$$\text{Atraque de tierra y viguetas. . . } T = 1$$

Resulta, pues, que las longitudes del atraque están comprendidas entre $1,33 R$ y R , resultados no del todo discordantes con el de Dambrun, pues debe tenerse en cuenta que aquel autor supone que el atraque se hace sólo con tierras no muy compactas. Podemos, por lo tanto, establecer que la longitud de que nos ocupamos variará desde R á $1,41 R$, según el material empleado. Esta longitud se cuenta siempre en línea recta y es la distancia $o m$ que hay desde el centro de la carga al extremo del atraque (fig. 31, lám. 2).

En las operaciones de la guerra subterránea sería muy ventajosa la supresión del atraque, ó por lo menos la disminución de su longitud, pues á más de que con esto se aligeraría considerablemente el establecimiento de los hornillos, se podría en algunos casos disminuir la longitud de los ramales que á ellos conducen. Si el atraque pudiera suprimirse, sería más fácil ejecutar por sorpresa ciertas operaciones, ó por lo menos no tendría el minador enemigo suficiente tiempo para impedir las. Estas consideraciones han dado lugar á diferentes experiencias encaminadas á lograr el objeto citado. Desde luego se comprende que uno de los medios de disminuir la longitud del atraque es aumentar su resistencia. Veamos qué soluciones se han propuesto para obtener este resultado. En los barrenos conviene disminuir cuanto sea posible la longitud del atraque, pues mientras se lleva á cabo está expuesto el barrenero á una explosión extemporánea. Para lograrlo se han propuesto los siguientes medios: 1.º En 1800, Jessop propuso emplear un atraque de arena que se echaba con la mano en el interior del barrenó. Según dicho minador, al verificarse la explosión, las capas de arena más próximas al barrenó eran rechazadas, y sus granos, al introducirse en las siguientes se acumulaban entre los de ellas, resultando de ahí una resistencia considerable. Las experiencias hechas en Francia por Roguet en 1823 y en Inglaterra por Pasley, no confirmaron las ideas de Jessop.—2.º Thurnberg, en los trabajos de Karls Crown, probó de aumentar la resistencia del atraque, introduciendo en el barrenó dos cuñas gemelas de hierro que la explosión apretaba contra las paredes de aquél. En otras canteras las cuñas empleadas han sido de madera, pero según experiencias hechas por el general Burgoyne en Inglaterra todos los aparatos cuneiformes, si bien aumentan la resistencia del atraque, tienen el inconveniente del peligro

que se corre por la proyección de las cuñas que á veces tiene lugar.—
 3.º Según dicho general los mejores atraques para los barrenos son los siguientes: *a*, arcilla secada al fuego en forma de cilindros ó de panes; *b*, trozos de ladrillo machacados y humedecidos al atracarlos; *c*, trozos de rocas desagregadas ó polvos extraídos de los mismos barrenos; *d*, arena apisonada por medio de mangos terminados en punta. En las minas pueden aplicarse las siguientes disposiciones: 1.ª Recodar los ramales á fin de que las tierras arrojadas contra las paredes *a b* de los recodos (fig. 31, lám. 2) sufrieran un apisonamiento que aumentara su resistencia; este medio fué aconsejado por Vauban.—2.ª Dar á las galerías la forma de un tronco de pirámide cuya base mayor mire hacia el centro de la carga.—3.ª Disponer entre las piezas de madera que forman el atraque algunas en forma de cuña, á fin de que al verificarse la explosión, aumente la resistencia. Este medio fué también indicado por Vauban; pero sólo puede aplicarse á los ramales de combate.

El disminuir la longitud del atraque da lugar á un inconveniente que contrabalancea la ventaja y consiste en que es necesario dar á las partes de galería próximas al hornillo mayor resistencia, pues los gases de la pólvora que pudieran pasar por entre los intersticios del atraque, ó por los que quedan entre él y las paredes, estando aún dentro del radio de explosión, podrían tener suficiente fuerza para romper la galería. Este refuerzo de la galería exigiría emplear en su construcción más tiempo, y por lo tanto compensará en algunos casos la ventaja obtenida por la disminución del atraque. Téngase en cuenta, sin embargo, que las galerías y ramales pueden construirse mucho antes de establecer aquél, y cuando así sucede, es decir, cuando sólo se deja para el último momento la colocación del atraque, no importa que se haya de emplear más tiempo que el ordinario en la construcción de un ramal.

Otros minadores han tratado de disminuir la longitud del atraque, aumentando la carga de pólvora, y las primeras experiencias hechas en este sentido fueron llevadas á cabo por Belidor en 1759; los resultados fueron entonces bastante favorables; pero no sucedió lo mismo con los obtenidos en 1770. En 1801 Mouzé repitió en Metz las experiencias citadas, de las cuales dedujo el siguiente resultado: el aumento de $\frac{1}{4}$ de la

carga equivale á la supresión de $\frac{1}{3}$ del atraque completo; el de $\frac{1}{2}$ de la carga equivale á la supresión de los $\frac{2}{3}$, y el duplicarla, á suprimir el atraque. Lebrún, á fin de hacer más sencilla la aplicación de la regla anterior, la expresa como sigue:

Cargas.	Atraques correspondientes.
1	1
1,25	0,75
1,50	0,50
1,75	0,25
2	0

Llamando C á la carga correspondiente al atraque completo, cuya longitud supondremos igual á L , y C_i á la carga correspondiente al atraque incompleto y de longitud L_i , y observando que los números de la primera columna son las relaciones entre las cargas y los segundos las relaciones entre los atraques, y que la suma de los comprendidos en una misma línea horizontal es constantemente igual á 2, podemos establecer la siguiente fórmula:

$$\frac{C_i}{C} + \frac{L_i}{L} = 2$$

de donde

$$C_i = \frac{2L - L_i}{L} C$$

por cuyo medio podemos determinar la carga correspondiente á una longitud de atraque dada, conociendo la que corresponde al atraque completo.

En la práctica estas reglas no se pueden aplicar con entera confianza y será conveniente aumentar algo las cargas y emplear algún atraque, por muy pequeño que sea, á no ser que se trate de pólvoras muy vivas, en cuyo caso dicho atraque no es necesario. Sin embargo, generalmente en la guerra de minas se empleará la pólvora ordinaria, y por lo tanto habrá que atracar, poco ó mucho, el hornillo, por pequeño que sea el tiempo de que pueda disponerse al cargarle.



LIBRO II.



AGENTES EXPLOSIVOS.

CAPÍTULO PRIMERO.

Ideas generales acerca de los efectos de la explosión de la pólvora.—Pólvoras rompedoras, vivas y lentas; caracteres que las distinguen.—Composición de las pólvoras.—Productos de la explosión.—Calor desarrollado.—Volumen de los gases.—Temperatura.—Presión: ídem específica y máxima.—Empleo de los manómetros.



El conocimiento de las pólvoras es indispensable al minador, si ha de hacer de ellas un buen uso, y dicho conocimiento no puede ser solamente empírico, porque no basta que conozca los agentes explosivos que hoy existen, sino que debe hallarse en estado de poder apreciar las cualidades de los que á cada momento inventa la industria moderna. Por esta razón creemos conveniente dar á conocer, en extracto, la teoría de Berthelot, que es hoy la que más racionalmente explica los fenómenos que se refieren á la inflamación de las pólvoras.

Todo cuerpo capaz de desarrollar en poco tiempo gran cantidad de gases á una temperatura elevada, es, en rigor, una pólvora, ó por lo menos puede producir los mismos efectos que ella. En general, todo agente explosivo consta de un cuerpo oxidante y de otro combustible, y la producción de gases y elevación de temperatura se debe á la combustión del segundo que se combina con el oxígeno del primero. La pólvora de guerra tiene como elemento oxidante el nitrato de potasa; como elementos combustibles, el azufre y el carbón; estos elementos están sólo mezclados, pero en las pólvoras modernas el cuerpo oxidante se combina químicamente con los demás; tal sucede en el algodón pólvora y la nitroglicerina.

Cuando por efecto de una causa cualquiera una pólvora produce de repente una gran cantidad de gases dentro de un espacio pequeño (una cámara de minas, la recámara de una pieza) se dice que hace *explosión*. Los gases desarrollados producen sobre las paredes de la cámara una *presión* que depende de la naturaleza, volumen y temperatura de aquellos. Esta *presión* no debe confundirse con el trabajo producido; éste es proporcional á la cantidad de calor desarrollado por la explosión; de modo que si llamamos C al número de calorías que este fenómeno produce, $425 C$ kilogramos será el trabajo debido á la explosión. Si fuera posible determinar exactamente el valor de C , la energía de la pólvora sería conocida; pero luego veremos que C no puede determinarse con entera exactitud. Esta cantidad de trabajo $425 C$ se llama *energía potencial*, porque está como encerrada dentro de la pólvora capaz de desarrollarla, cuando se la pone en condiciones para ello.

Pero debe tenerse en cuenta que no todo este trabajo se utiliza y que lo que pudiéramos llamar potencia útil de una pólvora es mucho menor que la cantidad $425 C$. Por ejemplo, en un arma de fuego la explosión de la carga produce los siguientes efectos: lanza el proyectil, comunica al arma un movimiento de retroceso, pone en movimiento un volumen de aire, eleva la temperatura de las paredes del cañón y del aire; el trabajo empleado en estos últimos efectos es perdido: el útil es el primero.

Cuando una carga de pólvora hace explosión en el interior de un medio resistente, los efectos que produce son debidos al choque de los gases desarrollados contra las paredes de la cámara que les rodea; en virtud de la fuerza viva recibida, las moléculas del medio que forman dichas paredes se ponen en movimiento y este movimiento se transmite de unas moléculas á otras, resultando en el interior del medio choques bruscos que dan lugar á dislocaciones, rupturas y aun proyección de alguno de sus fragmentos, si la explosión se ha verificado á poca distancia de la superficie libre del medio, es decir, de la superficie sobre la cual sólo actúa la presión atmosférica.

Los efectos producidos por la explosión dependen, no sólo de la cantidad, si que también de la rapidez con que los gases se desarrollan, es decir, del trabajo desarrollado en la unidad de tiempo, que es lo que hoy día se llama en mecánica la *potencia*. Esto se comprenderá fácil-

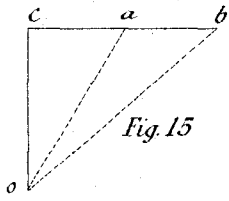


Fig. 15

Fig. 16

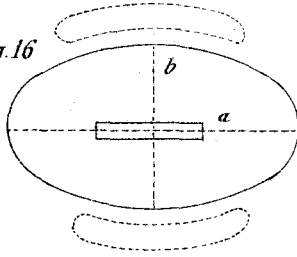


Fig. 17

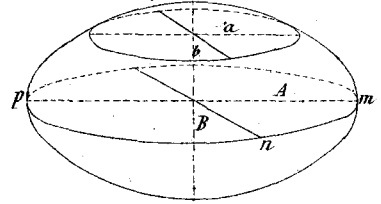


Fig. 18

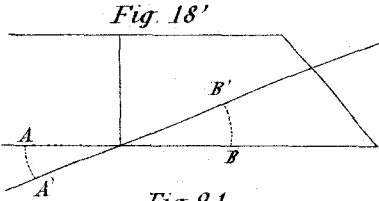
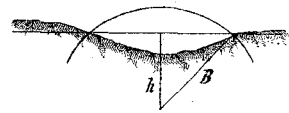


Fig. 18'

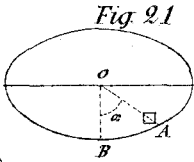


Fig. 21

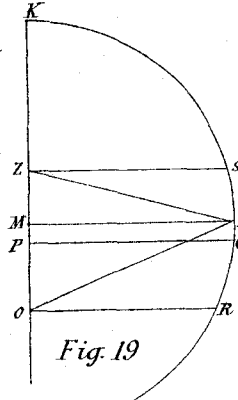


Fig. 19

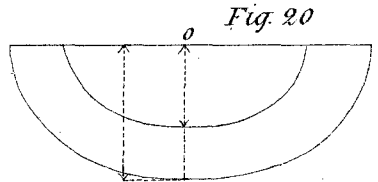


Fig. 20

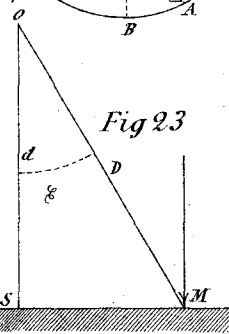


Fig. 23

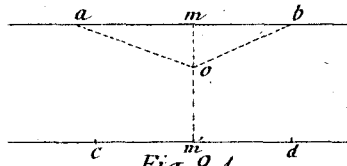


Fig. 24

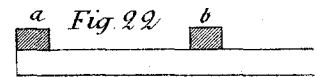


Fig. 22

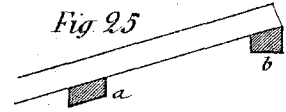


Fig. 25

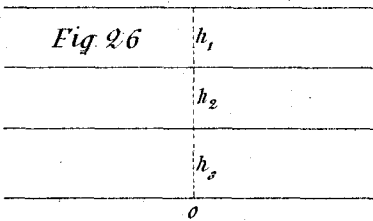


Fig. 26

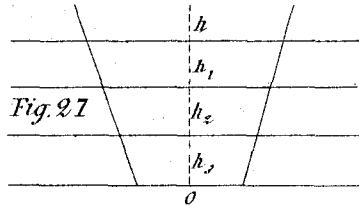


Fig. 27

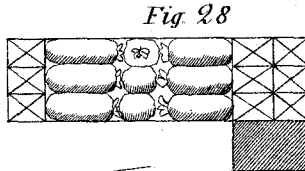


Fig. 28



Fig. 29

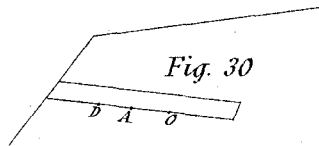


Fig. 30

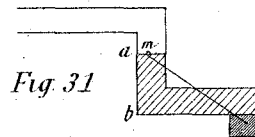


Fig. 31

mente, si se compara el efecto producido por la explosión al de un choque; un martillo pilón de 100 kilográmetros de peso que caiga sobre un cuerpo desde una altura de 20 metros, desarrollando, por consiguiente, un trabajo de 2000 kilográmetros, reducirá quizás á polvo la parte chocada; pero si en vez de esto se le hace caer diez veces desde 2 metros de altura, el trabajo será el mismo, 2000 kilográmetros, y sin embargo, el resultado obtenido será probablemente muy distinto, porque el trabajo por segundo, es decir, la potencia, será distinto. Este mismo martillo, cayendo veinte veces de la altura de 1 metro, puede producir á su vez efectos distintos de los anteriores.

De aquí que las pólvoras se clasifiquen, según la rapidez de su inflamación, en rompedoras, vivas y lentas. Las primeras desarrollan instantáneamente todo el trabajo de que son susceptibles; los gases que se forman producen sobre las paredes de las cámaras que las contienen un choque violento que tritura las moléculas directamente chocadas; todo el trabajo se gasta en esta trituración, y por consiguiente, apenas se transmite á las moléculas lejanas; resultando de esto, que las pólvoras llamadas rompedoras ejercen una acción localizada, es decir, que se extienden á poca distancia, pero violenta; están en el caso del martillo pilón que cae de la altura de 20 metros. Estas pólvoras, de las cuales es un ejemplo el fulminato de mercurio, no tienen más aplicación industrial que servir de cebo á las demás.

Si los gases se desarrollan rápida, pero no instantáneamente, los efectos son algo distintos; las paredes de la cámara reciben un primer choque violento, que, como en el caso anterior, las disgrega y tritura; pero como suponemos que no todos los gases se desarrollan de una vez, los choques sucesivos van obrando ya sobre moléculas más lejanas; la cantidad de trabajo desarrollado alcanza á mayor volúmen de materia y por tanto el efecto producido en cada unidad de volumen es menor. Los efectos debidos á estas pólvoras no son ya tan locales; pero, sin embargo, no se extienden á gran distancia; los choques producidos por los gases son tan fuertes, que disgregan el medio sobre que obran y esto impide la transmisión de la fuerza viva á grandes distancias, y por consiguiente con esta clase de pólvoras los efectos de proyección son de poca importancia, y aun nulos cuando obran sobre grandes masas ó muy lejos de

la superficie libre del medio. Ni estas pólvoras ni las rompedoras necesitan ataque para producir efecto, porque su fuerza se desarrolla tan rápidamente que las moléculas de los cuerpos sobre que obran no tienen tiempo para escapar á su acción. Esta es una de las grandes ventajas de las pólvoras vivas, entre las que se hallan el algodón-pólvora y la dinamita.

Finalmente, cuando los gases de la pólvora se desarrollan con gran lentitud, su efecto sobre las paredes de la cámara puede compararse al de una presión enorme. En virtud de esta presión, la cámara se agranda y sus paredes la van transmitiendo sucesivamente á las capas inmediatas. Estas pólvoras producen, pues, efecto á bastante distancia del punto en que estallan, y si la superficie libre del medio está cerca de él, dan lugar á proyecciones que se extienden más ó menos lejos, según la resistencia del medio y la fuerza de la pólvora. Estas pólvoras producen, en cambio, menor efecto local destructor, pues el trabajo que en las otras se empleaba en triturar las moléculas, ahora se transmite á las capas lejanas. Para producir efecto necesitan ataque; de lo contrario, se escaparía por donde no hallaran resistencia una gran cantidad de gases completamente perdidos para el efecto deseado. De aquí se deduce que cuando se quiere fracturar un cuerpo en pequeños trozos y evitar el ataque, hay que recurrir á las pólvoras vivas; á las lentas, como lo es la ordinaria de mina, cuando se quiere que los efectos no se localicen y que los materiales no se desmenuen.

Los efectos producidos por los agentes explosivos se manifiestan por las presiones que ejercen y el trabajo que desarrollan. Las primeras dependen del volumen de los gases y de su temperatura; el segundo, en la unidad de tiempo, ó sea la potencia, del número de calorías producidas y de la velocidad de inflamación.

Resulta, pues, que para conocer los efectos de una pólvora, hay que estudiar:

La composición química.

Los productos de la explosión.

Las calorías desarrolladas.

El volumen y temperatura de los gases.

La velocidad de inflamación.

En algunas pólvoras, la antigua de guerra por ejemplo, no hay com-

binación, sólo hay mezcla. Pero la mayoría de ellas están formadas, como ya hemos dicho, de un cuerpo oxidante combinado con otro combustible. El primero es comunmente un compuesto azoado, como en la nitrocelulosa, nitroglicerina, etc., en el cual entran materias orgánicas. Estas pólvoras desarrollan al hacer explosión mayor energía que las simples mezclas; son, por lo general, vivas y á veces rompedoras, y se mezclan frecuentemente con un cuerpo inerte, es decir, que no produce gases, á fin de que, á igualdad de volumen, tengan menor cantidad de materia explosiva y sus efectos se atenúen (así la nitroglicerina, al mezclarse con la sílice y convertirse en dinamita, pierde parte de su fuerza).

Los elementos que constituyen la pólvora deben ser conocidos de antemano y pueden determinarse por medio del análisis.

En cuanto á los productos de la explosión no siempre son fáciles de determinar. Tres casos pueden ocurrir: *primero*, la cantidad de oxígeno contenido en la pólvora es la necesaria para la combustión total de los demás cuerpos; *segundo*, hay falta de oxígeno; *tercero*, hay exceso de este gas. En el primer caso los productos de la explosión pueden preverse de antemano, pues se forman compuestos estables y en el mayor grado posible de oxidación. En los demás casos los compuestos obtenidos varían con la temperatura, presión, procedimiento empleado para inflamar la pólvora, etc. Berthelot cita el ejemplo del nitrato de amoníaco, que bajo la acción del calor puede dar lugar á siete descomposiciones diferentes. En estos casos los productos de la explosión sólo pueden determinarse por medio del análisis para cada caso particular.

Cuando en una pólvora hay falta de oxígeno, puede añadirse un cuerpo oxidante, el clorato de potasa, por ejemplo, que proporciona el oxígeno que hace falta para formar compuestos estables. Si, por el contrario, sobra oxígeno, puede añadirse á la pólvora un cuerpo combustible, tal como el carbón, y aumentar así la fuerza del agente explosivo. Sin embargo, la adición del carbón tiene en las pólvoras de mina un inconveniente grave y es que puede producir formación de gases deletéreos, y por lo tanto hacer peligroso el tránsito por las galerías de mina.

Al determinar los productos de la explosión, hay que tener en cuenta un fenómeno particular llamado *disociación*. Los volúmenes gaseosos se miden á la temperatura de 0° y presión de 760 milímetros. Esto es

Productos
de la
explosión.

Disociación

admisible cuando se forman compuestos binarios estables, ó la pólvora se descompone en elementos simples (como el cloruro de ázoe que da cloro y ázoe); pero si se forman compuestos binarios no estables (vapor de agua, por ejemplo), ó compuestos más complicados, como durante el fenómeno de la explosión la temperatura no es de 0° ni la presión es la atmosférica, no puede asegurarse que en cualquier período de ella haya los mismos cuerpos que al terminar el fenómeno. Para fijar las ideas, supongamos que á la temperatura á que tiene lugar la explosión, el oxígeno y el carbono, que más tarde forman el ácido carbónico, están separados. Es sabido que la combinación de estos elementos produce cierto número de calorías; pero como al principio de la explosión dicha combinación no existe, hay que prescindir de estas calorías, y como lo mismo pudiéramos decir de otros cuerpos, resulta que la cantidad real de calorías será menor que la calculada; pero la presión es proporcional á la temperatura, luego aquélla será también menor que la supuesta. Por otra parte, á las grandes temperaturas á que dan lugar las explosiones, las presiones no crecen como indican las leyes de Gay-Lusac y de Mariotte, sino que lo hacen mucho más rápidamente, y como una presión elevada es favorable á las combinaciones químicas, resulta que este fenómeno puede compensar en todo ó en parte la disminución de temperatura, y por consiguiente, no puede decirse *a priori* si la presión efectiva será igual ó distinta de la calculada. Además de poder disminuir las presiones, la disociación produce otro efecto, que es el siguiente. A medida que los gases se dilatan, se enfrían, se forman combinaciones más completas, que dan lugar á desprendimiento de calor y por tanto á aumento de presión, y como estos fenómenos se reproducirán cada vez que á consecuencia del enfriamiento se formen nuevas combinaciones, resulta que la temperatura y la presión, en vez de ir decreciendo paulatina y proporcionalmente al trabajo efectuado, aumentarán de cuando en cuando, haciendo más duradera la acción de la pólvora y resultando ésta menos viva; de aquí se deduce que las pólvoras que se descomponen en elementos simples (el cloruro de ázoe que da cloro y ázoe) han de ser forzosamente rompedoras.

Lo que acabamos de decir indica que el fenómeno de la disociación puede producir los siguientes resultados:

- 1.º Presiones inferiores á las calculadas al iniciarse la explosión.
- 2.º Presiones superiores á las teóricas en algunos instantes.
- 3.º Aumentar la duración del fenómeno.

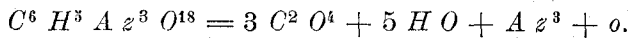
Pero como es difícil tener en cuenta fenómenos tan complejos, se calculará el trabajo máximo de una pólvora que hace explosión en una capacidad de volumen constante, teniendo en cuenta los productos finales de la combustión.

El calor desarrollado por la explosión puede medirse por medio de un calorímetro ó determinarse por el cálculo. El primer procedimiento no puede dar más que resultados aproximados, y cuya aproximación dependerá de las condiciones en que se verifique la experiencia. De este aparato se ha valido Berthelot para la determinación de la cantidad de calor desarrollado por varias combinaciones químicas.

Calor desarrollado.

El segundo procedimiento, ó sea el cálculo, exige, en primer lugar, hacer abstracción de los efectos mecánicos, es decir, suponer que no se producen efectos de esta clase. En segundo lugar, hay que conocer los productos á que da lugar la explosión, el calor de formación de estos y el de los elementos primitivos; restando éste de aquél, se obtiene el número de calorías desarrollado. Téngase presente que la caloría á que nos referimos, y que evaluamos en 425 kilográmetros, es la cantidad de calor desarrollado para elevar de 0º á 1º la temperatura de 1 kilógramo de agua.

Supongamos, por ejemplo, que se trata de determinar el calor desarrollado por la explosión de la nitroglicerina bajo una presión constante al aire libre. La reacción química será



La formación de un equivalente de nitroglicerina produce 98 calorías.

Un equivalente de ácido carbónico produce

94 calorías, luego. 3 C² O⁴; 3 × 94 = 282

Un equivalente de agua produce 34,5 calori-

as, luego. 5 H O; 5 × 34,5 = 172,5

Total. 454,5

Luego las calorías desarrolladas serán $454,5 - 98 = 356,5$ (1).

Pero el equivalente de la nitroglicerina pesa 227 gramos; luego un gramo de nitroglicerina desarrollará durante la explosión y en las condiciones indicadas $\frac{356,5}{227} = 1,57$ calorías y 1 kilogramo 1570 calorías.

Cuando la descomposición se efectúa bajo volumen constante y no al aire libre, la cantidad de calor desarrollada aumenta, porque en el caso anterior parte de él se convierte en el trabajo necesario para rechazar el aire que rodea á los gases provenientes de la explosión (2). Berthelot ha obtenido una fórmula para determinar la cantidad de calor desarrollada en este caso en función de la obtenida en el anterior. Llamemos l el número de litros ocupados por los gases antes de la explosión y l' el que ocupan después de dicha explosión (ambos volúmenes se suponen reducidos á la temperatura de 0° y á la presión de $0^m,760$); tomemos por unidad de volumen el ocupado por 2 gramos de hidrógeno, que es el volumen que en química orgánica se toma como término de comparación, y es de 22,32 litros; supongamos $N = \frac{l}{22,32}$ y $N' = \frac{l'}{22,32}$; sean, t la temperatura de la pólvora antes de la explosión, C_v la cantidad de calorías obtenidas á volumen constante, y C_p la obtenida á presión constante y que ya hemos determinado. La fórmula que liga ambas calorías es:

$$C_v = C_p + (N' - N) 0,54 + (N' - N) 0,002 t.$$

Tomemos como ejemplo la nitroglicerina, y supongamos $t = 15^\circ$. Á esta temperatura no contiene ningún cuerpo gaseoso, luego $l = 0$ y $N = 0$. Como luego veremos, un equivalente produce 161,8 litros de

(1) Si se supone el agua en estado de vapor, que será el que probablemente presentará á la temperatura de explosión, el equivalente de dicho cuerpo sólo producirá 29,4 calorías, de modo que tendremos

$$\begin{array}{r} 3 C^2 O^4 = 282 \\ 5 H O = 147 \\ \hline \text{Suma.} . 429 \\ - 98 \\ \hline 331 \text{ calorías.} \end{array}$$

(2) Claro es que siendo el recipiente en que se verifica la explosión cerrado y suficientemente resistente, la presión será variable, pues cada vez se acumulará en él mayor cantidad de gases.

gases, suponiendo el agua en estado de vapor y por consiguiente,
 $N' = \frac{161,8}{22,52} = 7,25$. Hemos visto además (1) que $C_p = 331$ calorías; luego

$$C_v = 331 + 0,54 \times 7,25 + 7,25 \times 0,002 \times 15 = 335$$

1 kilogramo dará, por consiguiente, 1474 calorías.

Si se supusiera el agua en estado líquido sólo habría 106 litros de gases, y en este caso $C_p = 356,5$; $N' = \frac{106}{22,32} = 4,74$;

$$C_v = 356,5 + 0,54 \times 4,74 + 7,25 \times 0,002 \times 15 = 359.$$

En este caso 1 kilogramo desarrollaría 1579 calorías.

Mrs. Vieille y Sarrau han hallado por medio de la experiencia 1600, número que, como se vé, difiere poco del anterior.

La cantidad de calor desarrollado no varía para una misma carga, si la explosión es completa; pero si esto no sucede, habrá que determinar para cada caso los productos de la explosión.

Además es preciso tener en cuenta que cuando se opera en vasos cerrados, el oxígeno del aire que contienen puede intervenir en las reacciones, si la combustión no es completa, por cuya razón, en este caso, Berthelot ha hecho las experiencias en una atmósfera de ázoe. Finalmente, para evitar la oxidación de las paredes de dichos vasos, sobre todo cuando son de hierro ó cobre, deben forrarse con una hoja gruesa de platino.

Determinada la cantidad de calor, sólo falta multiplicarla por 425 para obtener la *energía potencial* de la pólvora. Por ejemplo, un kilogramo de nitroglicerina ardiendo al aire libre y bajo una presión constante, da, según hemos visto, 1570 calorías, luego el trabajo desarrollado será $1570 \times 425 = 667250$ kilográmetros.

Energía
potencial.

El volumen de los gases se supone reducido á la temperatura de 0° y á la presión de 0^m,760, y puede determinarse experimentalmente ó por el cálculo. Para calcular el volumen de un gas á una temperatura t y á una presión h observemos que el volumen ocupado por 2 gramos de hidrógeno (que es el que sirve de término de comparación en química orgánica)

Volumen
de los gases

(1) Véase la nota (1) de la pág. 70.

es de 22,32 litros á 0° y 760 milímetros; á t grados y h milímetros será, por consiguiente,

$$[1] \quad V_1 = 22,32 \left(1 + \frac{t}{273} \right) \frac{0,760}{h} \text{ litros.}$$

Este es el llamado *volumen molecular* y su peso el *peso molecular*. Por otra parte, si designamos por E el equivalente de un cuerpo, este peso puede representarse por $\mu E = \pi$; siendo μ una cantidad constante para cada cuerpo, y cuyo valor se halla en la tabla 8.ª. El peso del equivalente será, por consiguiente, $\frac{\pi}{\mu}$ y como el volumen correspondiente á π es el que indica la fórmula [1], el ocupado por el equivalente de cada cuerpo será el

$$[2] \quad V = \frac{22,32}{\mu} \left(1 + \frac{t}{273} \right) \frac{0,760}{h}$$

Por consiguiente n equivalentes ocuparán el volumen

$$[3] \quad V_n = \frac{22,32 n}{\mu} \left(1 + \frac{t}{273} \right) \frac{0,760}{h}$$

Si $t = 0$ y $h = 0,760$

$$[4] \quad V_n = \frac{22,32 n}{\mu}$$

La suma de los volúmenes [3] ó [4] nos dará el volumen total de los gases desarrollados. Para emplear estas fórmulas es preciso suponer que los gases y vapores obedecen á las leyes de Mariotte y Gay-Lussac, lo que no parece del todo exacto en las condiciones en que se hallan al verificarse la explosión; pero como no se sabe hoy día á qué leyes obedecen entonces, hay que atenerse á las citadas.

La tabla 8.ª da: 1.º, las fórmulas químicas que representan los pesos equivalentes; 2.º, estos pesos; 3.º, los factores μ , que multiplicados por los números respectivos de la columna anterior dan el peso molecular; 4.º, el peso de un litro de vapor expresado en gramos.

Sea, por ejemplo, la nitroglicerina, cuya explosión produce ácido carbónico, agua, ázoe y oxígeno.

Un equivalente de oxígeno ($\mu = 4$) produce

$$\frac{22,32}{4} \left(1 + \frac{t}{273} \right) = 5,58 \left(1 + \frac{t}{273} \right) \text{ litros,}$$

suponiendo la presión próximamente igual á 760 milímetros, en lo que no se comete error sensible.

Tres equivalentes de ázoe ($\mu = 2$) dan

$$\frac{22,32}{2} \left(1 + \frac{t}{273} \right) \times 3 = 33,48 \left(1 + \frac{t}{273} \right) \text{ litros}$$

$$3 C^2 O^4 = 6 \times C O^2,$$

es decir, 6 equivalentes de ácido carbónico; ($\mu = 2$) producen

$$\frac{22,32}{2} \left(1 + \frac{t}{273} \right) \times 6 = 66,96 \left(1 + \frac{t}{273} \right) \text{ litros.}$$

Si suponemos ahora el agua en estado de vapor ($\mu = 2$), los cinco equivalentes de agua dan

$$\frac{22,32}{2} \left(1 + \frac{t}{273} \right) \times 5 = 55,80 \left(1 + \frac{t}{273} \right) \text{ litros.}$$

Sumando todos estos números resultan

$$(5,58 + 33,48 + 66,96 + 55,80) \left(1 + \frac{t}{273} \right) =$$

$$= 161,82 \left(1 + \frac{t}{273} \right) \text{ litros.}$$

Si $t = 0^\circ$ resultan 161,82 litros. Si supusiéramos el agua líquida, este volumen se reduciría á 106 litros.

Los procedimientos empleados para medir las elevadísimas temperaturas producidas por la combustión de la pólvora, sólo pueden dar resultados aproximados, y presentan además grandes dificultades. Lo que únicamente puede asegurarse es que la temperatura desarrollada por la explosión de la pólvora es superior á la de la fusión del platino, es decir, á 1775° .

Temperatura.

Teóricamente puede calcularse por la fórmula $T = \frac{Q}{C}$, en la que Q

representa la cantidad de calor desarrollado y C el calor específico medio de los productos de la explosión entre T y la temperatura ambiente.

Las dos cantidades Q y C difícilmente pueden ser valuadas con exactitud. En primer lugar, ya sabemos que los productos que existen después de haberse enfriado los gases, son distintos de los que se forman á las altas temperaturas á que tiene lugar la explosión. Muchos elementos que á esta temperatura se hallan disociados se combinan á temperaturas menores, desprendiéndose entonces algunas calorías. De aquí resulta que, en general, la temperatura máxima será inferior á la teórica. Por otra parte, algunos cuerpos, al variar la temperatura, cambian de estado, y esto da lugar á que varíe el número de calorías desprendido. Por ejemplo, el vapor de agua á los 100° se liquida y absorbe calorías. De aquí se deduce que al combinarse el oxígeno y el hidrógeno para formar vapor acuoso, sólo se desprende parte del calor que produce la formación del agua; el resto se desprende cuando el vapor se liquida. Además, como el agua líquida tiene mayor calor específico que el vapor de agua, resulta que al descender la temperatura á menos de 100° , se desprende mayor cantidad de calor que la que se supone abandonaríase el vapor acuoso en iguales circunstancias. Si esto sucede en una reacción tan sencilla, fácil es comprender lo que se verificará en otras más complicadas, y por consiguiente la dificultad de determinar el verdadero valor de Q .

El calor específico de los gases varía con la temperatura y no se conocen los verdaderos calores específicos de los gases á las altas temperaturas y presiones que se producen á consecuencia de la explosión.

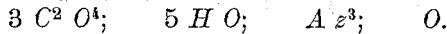
Para suplir esta falta de datos se admite que el calor específico de todos los cuerpos compuestos á temperaturas elevadas es independiente de la temperatura y la presión, é igual á 4,8 para cualquier peso de gas cuyo volumen sea el [1], es decir, el molecular.

De aquí se deduce que para hallar el calor específico C hay que sumar los volúmenes moleculares de los elementos gaseosos, dividirlos por V_1 [1] y multiplicar el cociente por 4,8.

Los calores específicos son diferentes, según que se tomen siendo constante la presión ó siendo constante el volumen. Lo primero se verifi-

ca cuando la explosión tiene lugar al aire libre y lo segundo si es en vasos cerrados. La tabla 9.^a da los calores específicos de diferentes cuerpos referidos al gramo y al peso molecular, es decir, después de haber dividido los volúmenes por el volumen unidad [1] y multiplicado el cociente por 4,8. Disminuyendo en 0,002 estos calores específicos, se obtienen los que corresponden al caso de ser el volumen constante. Los calores específicos están dados en calorías.

Como aplicación de lo expuesto, propongámonos determinar la temperatura producida por la explosión de un equivalente de nitroglicerina á volumen constante. La reacción produce, según ya sabemos,



CUERPOS.	Calores específicos.		
	A presión constante.	A volumen constante.	
$C^2 O^4$	0,0095	0,0075	$3 C^2 O^4 = 0,0225$
$H^2 O^2$	0,0086	0,0066	$5 H O = 0,0166$
$A z^2$	0,0068	0,0048	$A z^3 = 0,0072$
O^4	0,0069	0,0049	$O = 0,0012$
			0,0475

Tomando para mayor facilidad en el cálculo 0,048 y recordando que el número de calorías desarrolladas á volumen constante, suponiendo el agua en estado gaseoso, es 335, resulta

$$T = \frac{335}{0,048} = 6980^\circ$$

Determinados el volumen de los gases y la temperatura, para hallar la presión se aplica la fórmula de Vieille y Sarrau Presión.

$$[5] \quad P = \frac{V_0 \left(1 + \frac{T}{273} \right)}{V}$$

en que P es la presión que se busca en atmósferas, V_0 el volumen de los gases reducidos á 0° y á la presión atmosférica y V el volumen de la capacidad que los contiene. En el volumen V_0 están comprendidos, no sólo los gases, si que también los vapores producidos por todos los cuerpos capaces de vaporizarse.

Para determinar el valor de V_0 basta recordar que el volumen gaseoso ocupado por un equivalente es á 0° y 760 milímetros,

$$\frac{22,32}{\mu} \text{ litros,}$$

y por consiguiente, si llamamos n_1 al número de equivalentes de uno de los productos de la explosión, el volumen total ocupado por este producto será

$$\frac{22,32 n_1}{\mu} \text{ litros,}$$

y el ocupado por todos los productos gaseosos será

$$\Sigma \frac{22,32 n_1}{\mu}$$

Si en vez de referir los volúmenes al equivalente los refiriéramos á la unidad de peso, tendríamos que determinar el volumen correspondiente á esta unidad; ahora bien, siendo E el equivalente y $\frac{22,32}{\mu}$ el volumen que ocupa, claro es que el de la unidad de peso será $\frac{22,32}{\mu E}$, y si llamamos p al peso de uno de los productos, éste ocupará un volumen $\frac{22,32 p}{\mu E}$

Si suponemos, además, que el volumen V de la cámara que contiene los productos de la explosión es de n centímetros cúbicos, el valor de p será el [6] ó el [7], según se tomen por base para los cálculos los equivalentes ó los pesos.

$$[6] \quad p = \frac{\Sigma \frac{22,32 n_1}{\mu} \left(1 + \frac{T}{273}\right)}{n}$$

$$[7] \quad p = \frac{\Sigma \frac{22,32 p}{\mu E} \left(1 + \frac{T}{273}\right)}{n}$$

Si la pólvora contiene productos que no puedan vaporizarse y que ocupen un volumen igual á n' centímetros cúbicos, el denominador de estas fracciones será

$$n - n'$$

Si se quisiera reducir esta presión á kilogramos por centímetro cuadrado, basta recordar que la presión atmosférica sobre cada centímetro cuadrado está representada por una columna de mercurio de 0^m,760 de altura; luego multiplicando P por el peso de una columna de mercurio cuya altura fuese 0^m,760 y la base 1 centímetro cuadrado, se obtendría la presión que se desea. Esto equivale á aumentar en $\frac{1}{30}$ el valor de P antes hallado y por consiguiente resultará

$$P' = \left(1 + \frac{1}{30}\right) P = \frac{31}{30} P$$

Apliquemos estas fórmulas á la nitroglicerina y propongámonos determinar la presión producida por 1 kilogramo de esta substancia detonando en una cámara de 100 centímetros cúbicos de capacidad. Antes hemos visto que un equivalente de nitroglicerina (227 gramos de peso) producía 161,8 litros de gas; luego 1 kilogramo producirá 712 litros.

El valor de P será

$$P = \frac{712 \left(1 + \frac{6980}{273}\right)}{100} = \frac{18939}{100} = 189,39 \text{ atmósferas}$$

ó sea 195,70 kilogramos por centímetro cuadrado. Si $n = 1$ centímetro cúbico, $P = 18939$ atmósferas.

Las fórmulas [6] y [7] indican que la presión desarrollada por un mismo peso de pólvora es inversamente proporcional al volumen en que se encierra: de aquí que una misma cantidad de agente explosivo puede producir presiones muy distintas. Se llama densidad de carga la relación que existe entre el peso, en gramos, de la materia explosiva y la capacidad, en centímetros cúbicos, en que tiene lugar la explosión. Ahora bien, si suponemos que la materia explosiva puede convertirse toda ella en gases á la temperatura de la explosión, claro es que el volumen de los gases obtenidos será proporcional al peso de dicha materia y como en la fórmula que da el valor de P la cantidad $\left(1 + \frac{T}{273}\right)$ es constante para

Densidad
de carga..

el mismo explosivo, puede ponerse bajo la forma $P = K \frac{V_0}{V}$; pero V_0 es proporcional al peso π de la materia empleada; luego $P = K' \frac{\pi}{V}$ y como la cantidad $\frac{\pi}{V}$ es lo que hemos llamado densidad de carga, representándola por ρ , tendremos $P = K' \rho$, lo que nos dice que cuando toda la materia explosiva puede transformarse en gases, la presión desarrollada es proporcional á la densidad de carga. Esta relación sólo puede reputarse exacta para pequeñas densidades (valores de ρ inferiores á 0,2); pero vuelve á serlo para el caso en que se empleen cargas muy densas, caso que ocurre muy frecuentemente en las armas de fuego. Para la nitroglicerina y el algodón pólvora las experiencias de Mrs. Vieille y Sarrrau han hecho ver que la relación anterior era bastante aproximada á la realidad.

La presión que corresponde á la unidad de peso detonando en la unidad de volumen, es decir, á 1 gramo de materia explosiva detonando en una capacidad de 1 centímetro cúbico, se llama *presión específica* y tiene por valor

$$P = \Sigma \frac{22,32}{\mu E} \left(1 + \frac{T}{273} \right)$$

Esta presión no es siempre la máxima, porque ésta corresponde al caso de que toda la capacidad esté llena y sólo se verificará cuando la densidad absoluta de la pólvora sea igual á 1, por consiguiente, si el agente explosivo tiene una densidad menor que la unidad, la presión máxima será menor que la específica, porque en 1 centímetro cúbico no cabrá 1 gramo de materia.

Si la densidad del agente explosivo es superior á la unidad, dentro de 1 centímetro cúbico cabrá más de 1 gramo de materia y por consiguiente la presión máxima será superior á la específica. La presión máxima es fácil de determinar. En efecto, llamemos P á la presión que corresponde á una densidad de carga ρ igual á la unidad, es decir, la desarrollada por 1 gramo de materia explosiva detonando en una capacidad de 1 centí-

metro cúbico. La relación $P = K' \rho$ dice que la presión es proporcional á la densidad de carga; luego si suponemos que el agente explosivo tiene una densidad D , para llenar la capacidad habrá que recurrir á una densidad de carga igual á D y por consiguiente la presión será D veces mayor. De modo que una vez determinada la presión específica, bastará multiplicar por la densidad de la substancia explosiva para determinar la máxima.

Apliquemos lo dicho á la nitroglicerina: ya hemos visto que un kilogramo desarrollaba 18939 atmósferas, luego un gramo desarrollará 18939. La densidad de la nitroglicerina es 1,60, luego la presión máxima será $18,939 \times 1,6 = 30$ atmósferas ó sea 31 kilogramos por centímetro cuadrado. Al determinar la presión específica hay que tener en cuenta la existencia de productos sólidos ó líquidos, cuando los haya, y restar el volumen ocupado por estos residuos á la temperatura de la explosión, de la capacidad en que el fenómeno se verifica. La presión específica será, pues, en este caso,

$$P = \frac{\Sigma \frac{22,32}{\mu E} \left(1 + \frac{T}{273} \right)}{1 - n'}$$

El valor de n' no siempre puede hallarse con exactitud por no conocerse las densidades de los sólidos y líquidos á la temperatura en que se verifica la explosión.

Berthelot llama *presión permanente* á la desarrollada por los gases permanentes producidos por la explosión y reducidos al volumen que ocupan á 0°, contra las paredes de un vaso cerrado y resistente. Esta presión debe siempre referirse á una densidad de carga dada.

Berthelot llama *producto característico* á la cantidad $\frac{V_0 Q}{c}$ en que V_0 Producto característico. indica el volumen de los gases reducido á 0° y 760 milímetros, Q la cantidad de calor desarrollado y c el calor específico. Este producto puede servir para comparar la fuerza de los distintos agentes explosivos. Si se quiere obtener este producto con relación á una cierta densidad de carga, basta dividirla por el número n de centímetros cúbicos ocupados por la unidad de materia explosiva; entonces dicho producto se convierte en $\frac{V_0 Q}{n c}$

y si se supone que cada unidad de peso produce á la temperatura de explosión n' centímetros cúbicos de productos sólidos ó líquidos, habrá que restar n' de n , y el producto característico será

$$\frac{V_o Q}{(n - n') c}$$

Este producto característico puede servir para dar una idea de la fuerza de la pólvora, porque es proporcional á la presión; en efecto, el valor de ésta es

$$P = \frac{V_o \left(1 + \frac{T}{273}\right)}{n} = \frac{V_o \left(1 + \frac{Q}{273 c}\right)}{n}$$

Ahora bien, si suponemos que las temperaturas se cuentan á partir del cero absoluto, que como es sabido corresponde á -273° del termómetro, el valor de P se reduce á

$$P = \frac{V_o Q}{273 n c}$$

y este valor es proporcional al producto característico $\frac{V_o Q}{n c}$

Cierto es que la temperatura inicial no es la de -273° sino muy superior; pero como $\frac{Q}{273^\circ c}$ es una cantidad mucho mayor que la unidad, la relación entre las cantidades

$$V_o \left(1 + \frac{Q}{273^\circ c}\right) \text{ y } V_o' \left(1 + \frac{Q'}{273^\circ c'}\right)$$

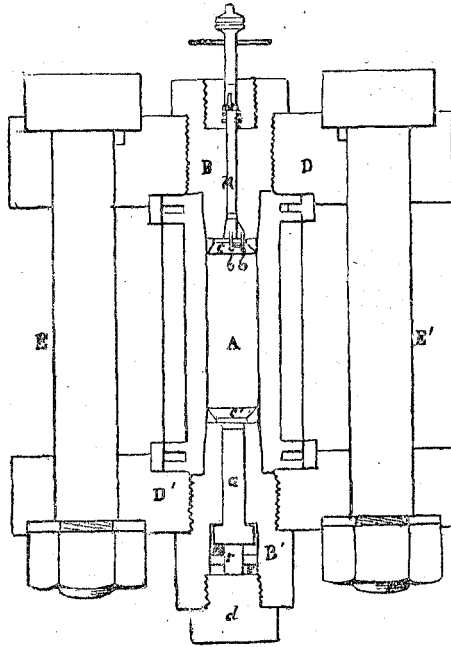
ó sea la relación entre las presiones que corresponden á dos agentes explosivos distintos, puede substituirse por la que existe entre

$$\frac{V_o Q}{273 c} \text{ y } \frac{V_o' Q'}{273 c'}, \text{ es decir, por } \frac{V_o Q c'}{V_o' Q' c}$$

En el caso en que c y c' fueran próximamente iguales, el producto característico quedará reducido á $V_o Q$ y la relación entre las presiones desarrolladas por el mismo peso de dos agentes explosivos á $\frac{V_o Q}{V_o' Q'}$.

Esta relación sólo puede tomarse como un procedimiento aproximado para comparar las fuerzas de las distintas pólvoras; pero así y todo, no deja de ser de gran utilidad y tiene la ventaja de que los elementos que en ella entran puedan determinarse fácilmente; C y C' se conocen por experiencia y V_0 , V'_0 , Q y Q' pueden calcularse como hemos dicho. La comparación entre las presiones da también una idea bastante aproximada acerca de la fuerza relativa de las distintas pólvoras.

La presión desarrollada por la explosión de las pólvoras puede determinarse experimentalmente por medio del manómetro; este aparato, representado en la figura adjunta, se compone de un tubo cilíndrico de



acero A sunchado con un alambre del mismo metal de 0,8 milímetros de diámetro y sujeto á una tensión de 35 kilogramos. Este cilindro tiene en cada uno de sus extremos dos tapones de acero B y B' que lo cierran y la obturación se completa por medio de los anillos de cobre C , C' ; los tapones B y B' se atornillan á los discos de hierro forjado D , D' , unidos entre sí por seis pernos E , E' ; la carga que se coloca en el interior del cilindro A se inflama por medio de un hilo de platino bb , que se enrojece por el paso de una corriente.

Al tapón B' va sujeto un émbolo de acero templado a móvil, á rozamiento suave, á lo largo de una canal que hay en el eje de dicho tapón; el émbolo se apoya sobre un cilindro de cobre r de 0^m,008 de diámetro y 0^m,013 de altura y cuya base inferior se apoya en la pieza d atornillada á la B' . La pieza anular e sirve para evitar que el cilindro r se incline.

Para usar este aparato se empieza por aplastar progresiva y lentamente el cilindro r por medio de un peso determinado hasta que le soporte sin deformarse. Sea θ esta carga y Σ la disminución de altura que ha sufrido el cilindro hasta poder resistir la presión sin deformarse; el valor de θ se obtiene por medio de la fórmula

$$\theta = K_0 + K \Sigma \quad [6]$$

en que para valores de θ comprendidos entre 1,000 y 3,500 kilogramos $K_0 = 541$, $K = 535$.

Al medir la fuerza de la pólvora pueden suceder dos casos: primero, que ésta sea de combustión lenta y el émbolo de poca masa, en cuyo caso puede prescindirse de su inercia; en este caso puede reputarse que entre la presión desarrollada por los gases de la pólvora y la resistencia del cilindro, una vez que ha cesado de comprimirse, hay equilibrio, y la presión máxima se determina por la fórmula [6]; segundo, que la presión se desarrolle con tal rapidez que el desplazamiento originado por la máxima puede despreciarse; en este caso, y suponiendo que el émbolo tenga ya una masa apreciable, puede reputarse que su desplazamiento ha sido debido á una presión constante desarrollada desde el principio de la explosión. En este caso el valor de la presión buscada se determina por la fórmula

$$\theta = K_0 + \frac{K \Sigma}{2} \quad [\gamma]$$

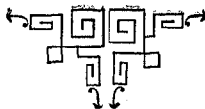
En la práctica es á veces muy difícil saber qué fórmula es la más conveniente. Si se trata de pólvoras lentas, como la ordinaria, ó de pólvoras muy vivas, como el clorato de potasa, el fulminato de mercurio, el cloruro de azoe, el algodón-pólvora en polvo, no hay duda, pues en el primer caso se aplicará la primera de las fórmulas citadas y en el segundo la segunda; pero si se trata de una pólvora que ocupe un lugar

intermedio, como la dinamita, por ejemplo, es difícil optar entre una y otra, y en estos casos la masa del émbolo parece que ejerce notable influencia. Las experiencias hechas con la dinamita han dado los mismos resultados empleando la fórmula [6] y émbolos ligeros que la [7] y émbolos pesados.

Además hay que tener en cuenta que los medidores de presión no dan, en realidad, la máxima, sino un término medio entre las desarrolladas durante el fenómeno. De aquí se deduce que el empleo de los manómetros debe hacerse con mucho cuidado y que los resultados obtenidos por este procedimiento son sólo aproximados.

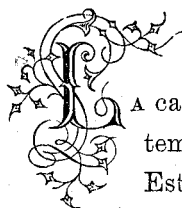
Teóricamente se demuestra que llamando t (1) la duración del aplastamiento debido á una presión variable, tal como la producida por los gases de la pólvora (ó lo que es lo mismo, siendo t el tiempo que los gases obran sobre el émbolo) y t_0 el tiempo que una fuerza constante y sin velocidad inicial necesita para producir igual aplastamiento, la relación $\frac{t}{t_0}$ indica cuándo debe aplicarse una ú otra fórmula. Si $\frac{t}{t_0}$ tiene un valor apreciable se aplicará la primera; en caso contrario la segunda. Así, por ejemplo, para la pólvora ordinaria se ha visto que, variando la relación indicada entre 4,8 y 25,1, el aplastamiento es el mismo, lo que indica que en este caso ha de aplicarse la fórmula [6]. En cambio en el clorato de potasa en polvo no se ha podido determinar para t ningún valor apreciable, luego habrá que aplicar la fórmula [7].

(1) t se mide por medio de un cronógrafo eléctrico.



CAPÍTULO SEGUNDO.

Causa inicial de la explosión.—Sensibilidad de las pólvoras.—Velocidad de inflamación.—Distintas clases de explosiones.—Onda explosiva.—Explosiones por influencia.—Causas que contribuyen á que se extiendan á mayor ó menor distancia.—Hipótesis de Mr. Abel.



A causa inicial productora de la explosión es una elevación de temperatura mayor ó menor, según sea el agente explosivo. Causa inicial de la explosión.

Esta elevación de temperatura es debida á causas químicas ó mecánicas que obran sobre un cierto número de moléculas del cuerpo que se quiere inflamar.

Por lo común la inflamación de los agentes explosivos se obtiene por medio de una pólvora auxiliar llamada *cebo*, á la cual se aplica directamente el aumento de temperatura. Esto no es necesario cuando la pólvora es suficientemente sensible á la acción del calor, como sucede con la ordinaria. Para la mayor parte de las pólvoras vivas, tales como la nitroglicerina, la dinamita, el algodón-pólvora, etc., la inflamación se obtiene por medio de una cápsula de fulminato de mercurio (pólvora que se inflama á 190°), á la que se aplica una mecha.

¿Cómo se propaga la explosión del cebo á la pólvora? Probablemente porque los gases producidos por la explosión del fulminato, bien sea directamente, bien por el choque contra las moléculas más próximas del explosivo, bien por ambas causas á la vez, elevan la temperatura de dichas moléculas hasta descomponerlas y producir nueva cantidad de gases que obra sobre las moléculas colaterales y las descompone. Esta des- Propagación de la explosión

composición se propaga á través de la masa con una velocidad que varía con las condiciones físicas y químicas de la misma y produce la transformación en gases de los elementos sólidos y líquidos que formaban la pólvora.

Hemos dicho que para que se produjera explosión era necesario elevar la temperatura de una parte de la masa lo suficiente para dar lugar á la producción de gases. Esto puede obtenerse por diferentes procedimientos, y una pólvora es más ó menos sensible según la violencia de los medios que haya que poner en acción para inflamarla.

La sensibilidad de un agente explosivo depende á la vez de condiciones que le son peculiares y de otras generales. Las primeras están íntimamente ligadas con la constitución del cuerpo explosivo, constitución que favorece la elevación de temperatura y la propagación de las reacciones.

De esta misma constitución depende también que unos cuerpos muy sensibles á ciertas acciones, lo son mucho menos á otras. El oxalato de plata detona á 130°; el fulminato de mercurio á 190°, y sin embargo este cuerpo es más sensible que aquél á los choques y rozamientos.

Sensibilidad de las pólvoras.

Las condiciones generales que influyen en la sensibilidad de las pólvoras son las siguientes:

1.º *La temperatura ambiente.*—Cuanto más elevada es ésta, mayor es la sensibilidad de las pólvoras; esto se debe á que la cantidad de calor desarrollada por la inflamación de las primeras moléculas no sufre tanta pérdida á consecuencia de la radiación, y por consiguiente se aprovecha mayor cantidad de aquél para elevar la temperatura del resto de la masa. Esta es la causa de que cuando las pólvoras se descomponen á consecuencia de la elevación de temperatura, se produzcan fácilmente explosiones.

2.º *La cohesión.*—Los efectos producidos por choque, rozamiento ó elevación de temperatura se repartirán sobre una cantidad de materia tanto mayor, cuanto más coherente sea la pólvora, resultando de aquí que la cantidad de calor desarrollado se repartirá sobre mayor número de moléculas, y por consiguiente será más difícil que las eleve á la temperatura suficiente para que se produzca la explosión. Por esta razón las pólvoras comprimidas son menos sensibles que las sin comprimir.

3.º *La temperatura inicial de descomposición.*—Es evidente que la pólvora será más sensible cuanto más baja sea aquélla; por esta razón las pólvoras de clorato de potasa son más sensibles que las de nitrato.

4.º *El calor específico del agente explosivo.*—Cuanto mayor sea éste menos sensible será la pólvora.

5.º *Las materias inertes que contenga.*—El calor producido por los efectos mecánicos ó por la elevación de temperatura desarrollará mayor cantidad de gases si obra sobre una masa formada completamente por materias explosivas, que cuando parte de ellas sea completamente inerte, pues estas substancias inertes absorberán calor, pero no producirán gases. Así se explica que la dinamita, que no es más que la nitroglicerina absorbida por una substancia porosa, sea mucho menos sensible que ésta.

En un cuerpo explosivo, además de su sensibilidad, hay que estudiar la mayor ó menor rapidez con que se propagan las reacciones, pues de ello depende que sea una pólvora viva ó lenta. La velocidad con que se propagan las reacciones depende de la temperatura y presión á que se verifica el fenómeno y de la composición de la pólvora. *La velocidad con que se propagan las reacciones no afecta en manera alguna á la cantidad total de trabajo desarrollado; pero sí al efecto producido por este trabajo.* Si la propagación es rápida se desarrollan inmediatamente presiones enormes y no hay recipiente capaz de resistirlas; si, por el contrario, es lenta, la presión va creciendo progresivamente y si los gases pueden dilatarse á medida que se producen, como sucede en las bocas de fuego, la presión inicial es muy inferior á la máxima. Por esto en los cañones se emplean pólvoras lentas y tanto más cuanto mayores han de ser las cargas. Si se emplearan pólvoras muy vivas, la presión desarrollada en el primer instante podría romper la pieza antes de que el proyectil hubiera empezado el movimiento.

Esta circunstancia explica por qué las pólvoras vivas no necesitan ataque para producir grandes efectos. Las presiones crecen en este caso con tal rapidez, que los cuerpos que rodean al explosivo, aun cuando sólo sea el aire, no tienen tiempo de ponerse en movimiento, es decir, de ceder, y oponen por consiguiente á los gases la misma resistencia que las paredes sólidas de un recipiente.

Velocidad
de propaga-
ción de las
reacciones.

La velocidad de propagación en una substancia explosiva encerrada en un recipiente al cual no puede dar, ni del cual puede tomar calor, varía con las condiciones siguientes:

- 1.º Crece con la temperatura y frecuentemente con gran rapidez.
- 2.º Crece con la presión. De estas dos leyes se deduce que en el caso supuesto dicha velocidad irá creciendo notablemente á medida que la reacción avance, pues la temperatura y la presión irán aumentando.
- 3.º Varía según las proporciones relativas de los elementos: á temperatura constante el exceso de uno de ellos acelera la propagación; pero la presencia de una materia inerte la disminuye.

Si la temperatura es variable, el cuerpo inerte y el exceso de uno de los ingredientes producen el mismo efecto, es decir, disminuyen la velocidad de propagación, pues uno y otro cuerpo se calientan y en el segundo caso la cantidad de calor absorbido por el elemento en exceso compensa su influencia aceleratriz.

El caso que hemos examinado es teórico; en la práctica hay siempre pérdida de calor, ya sea por radiación, ya por contacto con las paredes del recipiente que contiene la carga. En este caso la masa de materia inflamada tiene mucha influencia y determina fenómenos muy distintos.

Si es pequeña y no se trata de una pólvora rompedora, la pérdida de calor por radiación y contacto compensará el aumento debido á las reacciones químicas; llegará un momento en que ambas cantidades se equilibren y entonces la propagación de las reacciones se hará con cierta lentitud; la materia, en vez de detonar, arderá. Pero si, sin aumentar la capacidad, se aumenta la masa del explosivo, las pérdidas de calor no compensarán ya el desarrollo por las reacciones; éste irá aumentando y con él la cantidad de gases, y por consiguiente la presión, y como estas dos circunstancias aumentan la velocidad de propagación, llegará un momento en que se inflame á la vez una gran cantidad de materia, y el cuerpo, en vez de arder, estallará.

Esta inflamación de la masa explica los fenómenos siguientes:

- 1.º Un cuerpo combustible que ocupa una capacidad abierta arde sin detonar. Si ésta se cierra, como se dificulta la pérdida de calor, puede haber detonación.
- 2.º La descomposición espontánea de una substancia explosiva puede

producir la explosión de la misma, porque esta descomposición, que al principio es lenta, se hace más rápida por el aumento de temperatura que produce, aumento que puede ser el suficiente para hacer estallar el explosivo. Si el explosivo está contenido en vasos herméticamente cerrados, el peligro es aún mayor, porque al aumento de temperatura se agrega la presión producida por los gases resultantes.

3.º La detonación de una pequeña cantidad de una substancia explosiva puede producir la de otras pequeñas porciones, si éstas están tan cerca de las primeras que el choque producido por los gases resultantes de la explosión inicial llega con suficiente intensidad á las demás.

Así se explica que un niño que en Vanves se entretuvo en hacer detonar una capsulita fulminante produjera la detonación de 600 que estaban cerca de ella. El niño quedó muerto.

De aquí se deducen dos consecuencias prácticas de gran importancia, á saber: primera, que toda materia explosiva que ha empezado á descomponerse es de uso peligroso; segunda, que las precauciones empleadas para el manejo y conservación de las cápsulas fulminantes deben ser las mismas que si toda la materia que contienen formara una sola masa.

Ya hemos dicho que para producir la explosión de una materia explosiva, era preciso elevar la temperatura hasta que empezara la descomposición de los cuerpos que la forman.

La descomposición puede obtenerse por diversos procedimientos, y según se emplee uno ú otro, la explosión es más ó menos violenta. La dinamita en contacto con una mecha encendida arde y no explota; en contacto con una cápsula de fulminato de mercurio en cantidad suficiente produce una explosión violenta; si el fulminato se emplea en pequeña cantidad, la explosión es menos viva.

Las substancias que se emplean para dar fuego á las pólvoras se llaman *cebos*, y tienen influencia considerable en el modo de verificarse el fenómeno. Para producir la explosión, tratándose de pólvoras vivas, es preciso: primero, que la cantidad de calor desarrollada por la explosión del cebo sea suficiente para producir la descomposición del explosivo; segundo, que dicha cantidad de calor se desarrolle con suficiente rapidez para que la temperatura se eleve repentinamente en el explosivo y se produzca desde luego gran cantidad de gases.

Influencia
de los
cebos.

Para comprender la necesidad de estas dos condiciones, examinaremos la manera de producirse y propagarse la explosión.

Cuando el cebo estalla, la descomposición de la substancia que lo forma, que es por lo común el fulminato de mercurio, produce cierta cantidad de gases que, animados de gran fuerza expansiva, chocan contra las moléculas más próximas del agente explosivo, y como á consecuencia de la brusquedad del choque, no puede propagarse á toda la masa y ponerla en movimiento, la fuerza viva desarrollada obra principalmente sobre las moléculas más próximas, se transforma en calor, y si este calor es el suficiente para descomponer el agente explosivo, la descomposición se verifica, se producen más gases, que chocan con las moléculas que rodean á las primeras, y que se inflaman: resulta de aquí que el choque inicial se transforma en su mayor parte en calor, éste produce descomposición, de la que resultan gases que producen otro choque, que á su vez vuelve á producir elevación de temperatura, y de este modo se va propagando la descomposición de capa en capa. Ahora bien, si el choque debido á la explosión del cebo no ha podido producir más que 1000 calorías, por ejemplo, y para obtener la descomposición total se necesitan 2000, se producirá sólo una descomposición parcial, se desarrollarán pocos gases, la temperatura y presión no serán bastante elevadas, y en virtud de lo que antes hemos dicho, las reacciones se propagarán con muy poca velocidad. Si la cantidad de calor es suficiente, pero se desarrolla con lentitud, el efecto será análogo, y en vez de obtener de repente una gran cantidad de gases, éstos irán resultando poco á poco, las presiones producidas no serán con mucho las máximas y tampoco será todo lo veloz posible la propagación de las reacciones. Resulta, pues, que para producir una explosión violenta son necesarias las dos condiciones antes indicadas. En resumen, el efecto de los cebos depende de la cantidad de trabajo producido por su explosión y del tiempo en que esta cantidad se desarrolla. Así se explica, por ejemplo, que un peso de cloruro de azoe, fulminante cuya combustión es más rápida que la del fulminato de mercurio, no produzca la explosión á que da lugar otro peso igual de esta substancia, y es que la primera desarrolla una cantidad de calorías mucho menor. Así se explica también que empleando pequeñas cantidades de fulminato de mercurio no se obtenga la explo-

sión de la dinamita, y que la pólvora ordinaria, explosivo lento, no sirva tampoco para provocarla.

La estructura del explosivo influye también en la mayor ó menor facilidad para producir la explosión.

La dinamita congelada es más sensible á la acción del choque que la dinamita blanda, porque en aquélla, la nitroglicerina se separa de la materia inerte, el agente explosivo pierde su homogeneidad, y así como á la temperatura ordinaria la nitroglicerina se hallaba muy dividida, cuando la dinamita se congela se forman núcleos de nitroglicerina, que al recibir un choque producen gran cantidad de gases.

El algodón-pólvora es menos sensible al choque que la nitroglicerina y necesita cebos más potentes, porque es menos denso, es decir, que á igualdad de volumen, contiene menor número de moléculas. La adición del alcanfor y el colodión á la dinamita produce la gelatina ó dinamita-goma, menos sensible que aquélla, porque constituye una masa elástica y más coherente; el efecto del choque se reparte sobre mayor número de moléculas; parte de él se gasta en deformaciones y en separación de partículas, y por consiguiente, hay menor cantidad de trabajo convertido en calor. Por esto la gelatina explosiva exige cebos más enérgicos que la dinamita. El algodón-pólvora húmedo es menos inflamable que el seco; debido, sin duda, á que gran parte del trabajo producido por la explosión del cebo, se emplea en evaporar el agua; la adición de la parafina al algodón-pólvora produce el mismo efecto que el del alcanfor y colodión unido á la dinamita.

Resulta de lo expuesto, que la explosión de una pólvora puede producirse de distintos modos, según sean el cebo empleado y la estructura de aquella. Cuando la pólvora arde progresivamente, como le sucede á la dinamita puesta en contacto con una mecha encendida, el fenómeno se llama *combustión*; este es en rigor el límite mínimo de la explosión y corresponde á la mínima velocidad de propagación de las reacciones.

La inflamación rápida constituye el fenómeno llamado *explosión ó detonación*, y cuando se verifica en una capacidad igual al volumen de la substancia que detona, corresponde al máximo de velocidad en la propagación de las reacciones. Es, por decirlo así, la explosión máxima. En este caso, como los gases producidos no pueden dilatarse, toda su

fuerza viva se transforma en calor, y siendo éste y la presión enormes, se comprende que la velocidad de propagación de las reacciones sea grande.

Entre los dos límites citados se comprende que puede haber multitud de términos medios y que cuanto más nos aproximemos al segundo, mayores serán los efectos destructores producidos por las pólvoras.

Onda
explosión.

En el seno de todo agente explosivo que detona se produce en realidad una onda á la cual es debida la propagación de las reacciones; esta onda produce dos efectos, uno mecánico, ó sea el choque de los gases desarrollados contra las moléculas del agente explosivo, y otro químico, consecuencia del anterior, á saber, la descomposición de la materia. Esta onda no termina en la superficie exterior del explosivo, sino que se propaga al través de los cuerpos que le rodean, sólo que en ellos no produce más que efectos mecánicos, es decir, choques más ó menos violentos según la fuerza viva de la onda y la distancia al punto en que se ha originado. Esta onda explosiva produce, pues, en los medios que rodean á la pólvora un movimiento oscilatorio en virtud del cual las moléculas, después de haber efectuado la oscilación, vuelven á su primitivo sitio sin cambiar la posición relativa. Esto explica por qué razón un cartucho de dinamita situado cerca de otro que ha hecho explosión, se inflama sin necesidad de cebo.

Las experiencias verificadas en Francia y Austria han demostrado este hecho.

Según el capitán Coville, colocando en una envoltura metálica y rígida y sobre un suelo resistente un cartucho con 100 gramos de dinamita (formada por 75 por 100 de nitroglicerina y 25 por 100 de randa-nita) la explosión se propaga á $0^m,3$; en general, llamando C la carga en kilogramos y D la distancia en metros, $D = 3 C$; atando los cartuchos sobre carriles, $D = 7 C$.

Si la dinamita solo contiene 55 por 100 de nitroglicerina, la fórmula es $D = 0,9 C$.

La distancia á que se propaga la explosión depende de la materia que envuelve el primer cartucho y de la naturaleza del medio interpuesto entre ambos.

Cuanto más rígida y fuerte es aquella, mayor es D , lo cual se explica

porque cuanto más resistente es dicha materia, los gases necesitan mayor presión para romperla y por tanto dan lugar á una onda explosión más enérgica. Esta onda explosiva es de la misma naturaleza que la onda sonora, y por tanto sus leyes de propagación deben ser las mismas, y se ha visto que, en efecto, se propagaba á mayor distancia en los sólidos densos que en los ligeros, en éstos á más distancia que en los líquidos, en éstos más que en los gases, y en los comprimidos más que en los sin comprimir. Las experiencias austriacas han demostrado que al aire libre la explosión sólo se comunica á 0^m,04 y que en un tubo de plomo de 1 metro de longitud y 0^m,15 de diámetro (1), la explosión de un cartucho situado en un extremo producirá la de otro situado en el opuesto. Bajo el agua á 1^m,30 de profundidad, una carga de dinamita de 5 kilogramos produce la explosión de otra de 4 kilogramos situada á 3 metros.

Esta transmisión de la onda al través del agua es lo que produce la muerte de los peces próximos al sitio en que estalla una carga de dinamita; la fuerza viva que la onda propaga obra con tal violencia sobre el organismo, que lo destruye.

Esta misma onda, y no el choque directo de los gases producidos por la explosión, es la que se aprovecha para la destrucción de los buques. En suma, la onda explosiva lleva almacenada una gran cantidad de trabajo, que en un medio homogéneo se reparte igualmente por unidad de superficie y en todos sentidos. Si en el seno de este medio hay un cuerpo extraño, el choque que recibe á consecuencia de la propagación de la onda explosiva puede destruirle. Si el cuerpo extraño es una carga de pólvora y el calor desarrollado por el choque es suficiente para producir su descomposición rápida, se inflama por influencia. Para que esto se verifique con más seguridad es preciso que el cartucho esté bien sujeto; si no, puede ponerse en movimiento, y entonces, parte del trabajo que antes se transformaba en calor, ahora se gasta en dicho movimiento. A través del aire la onda explosiva se propaga á distancias cortas, y esto explica por qué razón, á veces, cuando entre el fulminato y la dina-

(1) En otro lugar daremos á conocer los resultados obtenidos con tubos de diferentes materiales, según las experiencias llevadas á cabo en la Escuela práctica del 4.º regimiento de Zapadores-Minadores por el capitán D. Arturo Vallhonrat, á consecuencia de indicaciones hechas por el autor de esta Memoria.

mita hay una capa de aire, ésta no se inflama: Á ello contribuye también el formar el aire como un muelle interpuesto entre el fulminato y la pólvora, muelle que amortigua el choque de los gases producidos por la explosión de aquél. Por esta razón conviene poner el cebo en perfecto contacto con la pólvora.

Las explosiones por influencia son menos violentas que las directas, lo cual no debe sorprendernos.

En una experiencia hecha en Versalles en 1872, una carga de dinamita, detonando directamente, produjo un embudo de 0^m,30 de radio; otra igual, estallando por influencia, sólo dió 0^m,22.

El químico inglés Abel supone que las explosiones por influencia son debidas á un sincronismo entre las vibraciones del cuerpo que detona primero y del que lo hace después; así como al hacer vibrar las cuerdas de un violín se obtienen las mismas notas en las de otro violín próximo. Pero esta teoría no parece confirmada por la experiencia. Se ha visto, por ejemplo, que cuando se empleaban tubos para propagar la inflamación, la situación de los planos nodales no tenía influencia, lo cual no parece lógico, adoptando la teoría del sincronismo. También se ha visto que el algodón-pólvora puede hacer detonar por influencia la nitroglicerina, y la recíproca no es cierta. Esto no se explica en la teoría del sincronismo y sí adoptando la onda explosiva, pues ya hemos visto que la estructura de la nitroglicerina favorecía la sensibilidad á los choques, y por consiguiente, es natural que la onda explosiva produzca sobre ella más efecto que el algodón-pólvora. En nuestro concepto, la teoría de la onda explosiva es hoy por hoy la más racional.



CAPÍTULO TERCERO.

Clasificación de los agentes explosivos.—Datos teóricos que deben tenerse en cuenta para su empleo.—Condiciones que deben reunir las pólvoras de mina.—Pólvora ordinaria.—Idem cloratada.—Idem picratada.—Algodón-pólvora.—Nitroglicerina.—Dinamitas.—Gelatina explosiva.—Otros explosivos.—Comparación entre los principales agentes explosivos.—Fulminato de mercurio.



Todo cuerpo capaz de desarrollar cierta cantidad de gases puede constituir un agente explosivo. Pero no todos los agentes explosivos pueden emplearse con igual ventaja, ni para todos los usos, ya industriales, ya militares.

Clasificación de los agentes explosivos.

Berthelot clasifica los agentes explosivos en los siguientes grupos:

Primer grupo.—Gases explosivos: ejemplo, el bióxido de azoe.

Segundo grupo.—Mezclas gaseosas detonantes: ejemplo, la del oxígeno con el hidrógeno.

Tercer grupo.—Compuestos minerales explosivos, cuerpos de composición definida, líquidos y sólidos: ejemplos, sulfuro de azoe.

Cuarto grupo.—Compuestos orgánicos explosivos: ejemplo, la nitroglicerina.

Quinto grupo.—Mezclas de compuestos explosivos y materias inertes: dinamitas.

Sexto grupo.—Mezclas formadas por un cuerpo explosivo oxidable y un oxidante no explosivo: algodón-pólvora y nitrato de potasa.

Séptimo grupo.—Mezclas formadas por un cuerpo explosivo oxidante

y otro explosivo que contenga una base oxidable: nitroglicerina y dinamita con base de carbón.

Octavo grupo.—Mezclas formadas por cuerpos oxidables y oxidantes: sólidos ó líquidos que separadamente no son combustibles, pólvora ordinaria, panclastitas.

De todos estos grupos el primero y segundo presentan pocas aplicaciones y sólo las pólvoras comprendidas en los restantes son usadas en la industria y en la guerra.

Datos
teóricos.

Para emplear con acierto un agente explosivo es necesario conocer los datos teóricos que á continuación indicamos y además tener en cuenta la mayor ó menor facilidad que en la práctica se encuentra, así para su fabricación como para su conservación y transporte. Los datos teóricos que deben conocerse, son los siguientes:

1.º Ecuación química que da á conocer la transformación debida á las reacciones producidas durante la explosión. En este conocimiento se incluye el de los volúmenes de los gases permanentes y elementos gaseosos á la temperatura de explosión reducidos á 0º y 760 milímetros de presión.

2.º Calorías empleadas en la formación de los elementos que componen el agente explosivo y en los productos resultantes de la explosión, así como las de vaporización de los elementos sólidos y líquidos que á la temperatura de explosión son susceptibles de transformarse en gases. De estos datos se deduce el calor desarrollado por la explosión.

3.º Los calores específicos que nos da la tabla 9.ª para las temperaturas ordinarias y que sirven, según ya sabemos, para determinar la temperatura de explosión.

4.º Las densidades que sólo pueden conocerse con exactitud á la temperatura ordinaria (1) y sirven para determinar los volúmenes moleculares y la presión desarrollada por el explosivo, detonando en su propio volumen.

5.º Las presiones desarrolladas según las distintas densidades de carga. Estas presiones deben determinarse experimentalmente y servir, junto con dichas densidades, de coordenadas á una curva que permitirá

(1) Para los gases pueden calcularse por las leyes de Mariotte y Gay Lussac.

determinar la presión específica y la máxima. Convendrá comparar estas presiones con las halladas teóricamente. En vez de este dato podrá tomarse la presión ejercida por los gases que resultan de la explosión, reducidos á 0°, en un recipiente de capacidad determinada y de paredes suficientemente resistentes. Esta capacidad está generalmente determinada por la condición de que la presión producida no dé lugar á la liquefacción de ciertos productos, el ácido carbónico, por ejemplo.

Finalmente, puede emplearse también para comparar las pólvoras el *producto característico*.

6.º El trabajo necesario para iniciar la explosión. Puede determinarse, bien por medio de la temperatura que para producirla se necesita, ó bien por la mínima altura de que ha de caer un peso dado para inflamar una cantidad de explosivo conocida.

7.º La velocidad de propagación de las reacciones, ó sea de la onda explosiva.

8.º El trabajo total producido por la explosión.

En la práctica, la determinación de la fuerza de una pólvora viva puede hacerse por el siguiente procedimiento. Se toma un prisma de plomo cuya base cuadrada tenga 250 milímetros de lado y cuya altura sea de 280 milímetros; en su eje se abre un taladro de 30 milímetros de diámetro, próximamente, y 178 milímetros de profundidad; se coloca en su fondo una cantidad de explosivo (10, 20, 30 gramos), con un cebo y una mecha; el resto del taladro se llena de agua, que sirve de atraque; se da fuego á la pólvora, y se mide la capacidad de la cámara que se forma. Las relaciones entre estas capacidades dan una idea de las que existen entre las fuerzas de las distintas pólvoras. Cuando la pólvora es muy viva hay que emplear poca, pues de lo contrario se producen grietas que tienden á separar algunas porciones del resto de la masa. Este procedimiento no sirve para las pólvoras lentas que exigen mucho atraque.

Bajo el punto de vista práctico los agentes explosivos empleados en los hornillos de mina han de reunir las siguientes condiciones, que pueden clasificarse como sigue:

Datos
prácticos.

Condiciones
referentes á su
empleo.

1.^a Ser bastante densa para que con un pequeño volumen de ella se pueda obtener gran cantidad de gases.

2.^a No ser de las de combustión muy lenta, pues de lo contrario, durante la explosión se perdería mucho calor por radiación y además sería preciso emplear mucho atraque.

3.^a Que pueda determinarse su fuerza por medio de experiencias verificadas en condiciones análogas á las de su empleo en la práctica.

4.^a Debe ser inerte á los choques y rozamientos, á fin de que su empleo en los campos de batalla y el transporte no sean peligrosos.

5.^a Debe inflamarse por medio de cebos de composición conocida, fáciles de producir en la industria y relativamente baratos.

6.^a Cuando se emplea en las galerías de mina no ha de dar gases deletéreos.

7.^a Es conveniente que se preste á ser empleada bajo diferentes formas, á fin de que pueda aplicarse mejor á varios usos.

Condiciones
de
fabricación.

Es preciso que no resulte muy costosa; que pueda llevarla á cabo la industria nacional, y que en lo posible no ofrezca peligros, tanto desde el punto de vista de las explosiones á que pueda dar lugar, como de los efectos tóxicos producidos en los operarios.

Condiciones
de
conservación.

Que no sea susceptible de descomponerse á la temperatura ordinaria, ni bajo la acción de una luz moderada; que la humedad atmosférica, por lo menos en las condiciones ordinarias, no ejerza acción sobre ella; que la congelación no pueda modificar la estructura de la pólvora, haciéndola más peligrosa; que las materias que la envuelven no ejerzan acción sobre ella; que no se inflame por efecto del rayo; que la separación de sus ingredientes no sea fácil. En general debe buscarse un agente explosivo que no se descomponga en las condiciones atmosféricas ordinarias, es decir, que sea estable.

Las pruebas de estabilidad á que un agente explosivo se sujeta son en general las siguientes: Pruebas de estabilidad.

1.^a Expuesto al aire libre durante algunos días, no debe evaporarse, ni licuarse, ni atraer la humedad.

2.^a No ha de desprender vapores ácidos, aún cuando se eleve su temperatura á 60° durante algunos instantes.

3.^a No deben rezumar los elementos líquidos que contiene, ni espontáneamente, ni sujetándole á una presión moderada, tal como la que se obtiene introduciéndole en un tubo de latón con las paredes agujereadas y haciendo obrar sobre él un émbolo de madera, sobre el que se coloca un peso que se aumenta hasta lograr la exudación. Tampoco debe producirse la exudación á los 60°, ni á temperaturas inferiores á cero, y volviendo á la temperatura ordinaria, aún cuando esta operación se verifique varias veces. Tampoco debe producirse bajo la acción de la humedad ni sujetando el explosivo á trepidaciones análogas á las que sufre en los transportes.

4.^a No debe detonar cuando se sujete al choque producido por el hierro contra la madera, ni por los de balas á distancias superiores á 50 metros.

5.^a Se examina si la pólvora se inflama por el contacto de un cuerpo en ignición, el efecto producido por una elevación progresiva de temperatura y el que produce una elevación rápida, para lo cual se toma una pequeña cantidad de la materia y se coloca sobre una cápsula metálica delgada que se pone sobre la superficie de un baño de aceite que se eleva á una temperatura fija y se mantiene en ella por algun tiempo.

Así se determina la temperatura de explosión.

6.^a Para determinar la acción del agua se sumerge en ella una cantidad de la materia explosiva sin envolver ó por lo menos sin protegerla por ninguna substancia impermeable y se ve el efecto producido después de quince ó veinte minutos de inmersión.

Si la pólvora no se disuelve, ni se separan sus elementos, puede emplearse en las explosiones submarinas sin recurrir á envolturas impermeables, por lo menos cuando la inmersión ha de durar poco.

La pólvora ordinaria de mina se compone, como la de guerra, de salitre, azufre y carbón; pero con objeto de obtener mayor cantidad de

Pólvora ordinaria de mina.

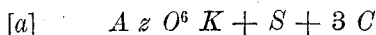
gases se aumentan á veces las proporciones de estos últimos ingredientes, obteniendo á la vez mayor economía. También se creía que disminuyendo el salitre se obtenía una pólvora más lenta, á lo cual contribuye igualmente el ser de grano grueso.

Sin embargo, hoy día que las pólvoras son mejor conocidas, se ha visto que todas estas ventajas no son ciertas. La disminución del nitrato de potasa produce ciertamente economía; pero como puede admitirse que la fuerza de una pólvora nitrata es proporcional al peso del salitre que contiene, resulta que la que contenga menos salitre es de menos fuerza y por tanto debe emplearse en mayor cantidad, lo cual destruye la pequeña economía obtenida por la disminución del salitre. Por otra parte, la pólvora de guerra es suficientemente lenta para aplicarla á las minas, y ya hemos visto que una pólvora demasiado lenta no convenía por perderse mucho calor durante la reacción. Finalmente, el exceso de carbón da lugar á que se produzca óxido de carbono, gas deletéreo y por consiguiente que conviene evitar en las galerías de mina.

De aquí resulta que la pólvora de mina no exige condiciones especiales y puede emplearse sin inconvenientes, y aún con ventaja, la de guerra. Por otra parte, hoy día no es tan necesaria la fabricación de una pólvora especial de mina, dado el mucho uso que se hace de las pólvoras vivas.

Como la composición y propiedades de la pólvora de mina difieren poco de las de guerra y ambas pueden emplearse indistintamente, indicaremos las de la primera, si bien someramente, pues es conocida ya por las aplicaciones que de ella se hacen á las armas de fuego.

La fórmula



corresponde, próximamente, á la mezcla siguiente:

	Partes.	Gramos.
Salitre.	75	101
Azufre.	12,5	16
Carbón.	12,5	18
<i>Total.</i>	100	135

Propiedades físicas.—La densidad gravimétrica varía con el grueso de los granos de 0,83 á 0,94. La temperatura de inflamación puede variar, según el procedimiento empleado, desde 265° á 316°. El carbón tiene influencia capital en este fenómeno: hay carbones vegetales que en contacto con el aire y á menos de 100° producen ya ácido carbónico. Si las partículas de estos carbones no están bien mezcladas con las de azufre y salitre, puede acontecer que una oxidación rápida determine la deflagración y esto explica la inflamación espontánea de grandes masas de polvorín. De aquí que no convengan pólvoras con exceso de carbón y este es otro de los inconvenientes de aumentar la dosis de este cuerpo para obtener las de mina.

La inflamación de esta pólvora se produce por el choque del hierro contra el hierro ó contra el latón, del latón contra el latón, y aun á veces del plomo contra el plomo y contra la madera.

Esta pólvora es muy higrométrica á causa del carbón y de que el salitre empleado no es completamente puro. Cuando está en una atmósfera muy húmeda, la absorción de la humedad produce la separación del salitre y por consiguiente la avería de la pólvora.

Admitiendo la dosis de la ecuación [a] 1 kilogramo de pólvora contiene antes de la explosión y produce á consecuencia de ella los cuerpos que á continuación se indican:

Contiene.	Gramos.	Produce.	Gramos.
Salitre (<i>Az O⁶ K</i>)	748	Sulfuro de potasio (<i>K S</i>) . .	408
Azufre (<i>S</i>)	118,5	Ácido carbónico (<i>C O²</i>) . . .	488
Carbón (<i>C</i>)	133,3	Ázoe (<i>Az</i>)	104

La reacción produce 544 calorías á presión constante y 552 á volumen constante. Estas cifras están calculadas tomando los datos que corresponden á los cuerpos que se forman á la temperatura ordinaria.

El volumen de los gases á 0° y 760 milímetros es de 330,4 litros.

La temperatura teórica es de 35°,14.

La presión teórica, admitiendo la vaporización del sulfuro de potasio,

$$\frac{5740}{n} \text{ atmósferas y si se supone que dicho cuerpo no se vaporiza } \frac{4592}{n-0,12}$$

La tabla adjunta indica que el producto característico $Q V$ es próximamente el mismo para toda clase de pólvoras formadas con azufre, salitre y carbón.

CLASE DE PÓLVORA.	Cantidad de calor des- arrollado por kilogramo de pólvora.	Volumen de los gases por kilogramo de pólvora.
	<i>Calorías.</i>	<i>cm³.</i>
Pellet española..	767,3	234,2
Curtis y Harvey núm. 6.	766,4	241,0
F. G. W. A..	738,3	263,1
R. L. G. W. A.	725,7	274,2
Pebble W. A..	721,4	278,1
Mina.	516,8	360,3

Vemos en esta tabla que á medida que las cantidades de calor crecen, decrecen los volúmenes de los gases, de modo que puede considerarse constante el producto característico $Q V$, y por consiguiente de igual fuerza todas estas pólvoras, pues todas ellas tienen el mismo calor específico.

La ventaja de la pólvora ordinaria de mina consiste principalmente en la economía de su fabricación y en la facilidad de inflamarla, pues no exige cebos de ninguna clase y basta una mecha cualquiera.

En cambio de estas ventajas, presenta los inconvenientes que á continuación indicamos:

1.º Á igualdad de peso es mucho menos potente que las pólvoras vivas, y como es además poco densa, á igualdad de volumen sus efectos son mucho menores.

2.º Es difícil de conservar por las tendencias que tiene á absorber la humedad.

3.º Es de manejo peligroso porque se inflama muy fácilmente.

4.º Por la lentitud con que se propagan las reacciones exige siempre atraques muy resistentes y es impotente para producir efectos enérgicos, como, por ejemplo, ruptura de masas metálicas. Por esta razón no puede emplearse al aire libre; en cambio es la más conveniente cuando se quieren evitar los efectos de trituración, como sucede en la explota-

ción de canteras ó se desee que su acción se propague á distancia, como veremos que debe suceder en las fogatas y en los hornillos de mina que han de producir su efecto sin estar en contacto con las galerías que se trate de destruir.

Con objeto de evitar los peligros inherentes al manejo de la pólvora ordinaria de mina, se fabrica pólvora comprimida como la que emplea la artillería. La Sociedad westfaliana ha producido pólvoras comprimidas de diferentes formas. Unas veces los granos son cilíndricos con ranuras en una de sus generatrices ó según el eje para aplicar la mecha; otras tienen la forma esférica. En Bilbao se ha empleado una pólvora comprimida en forma de cilindros de 0^m,10 de longitud, 0^m,026 de diámetro y 92 gramos de peso, con una ranura en dirección de una de las generatrices para aplicar la mecha. Las experiencias ejecutadas con esta pólvora han demostrado que las principales ventajas consistían en no ofrecer peligro al manipularla y transportarla, en no exigir cebos especiales, y muy principalmente en que al aire pierde sus cualidades explosivas, y en cambio en espacios herméticamente cerrados tiene mayor potencia que la pólvora ordinaria, aunque menor que la dinamita.

No juzgamos que las pólvoras comprimidas sean, sin embargo, convenientes para emplearlas en las minas. Precisamente se desean en la mayor parte de los casos pólvoras vivas, únicas que, como luego veremos, son capaces de producir ciertos efectos. La lentitud de la combustión es una ventaja en las armas de fuego, pues sin ella no podrían emplearse grandes cargas sin destruirlas; pero es un inconveniente en las minas, en que la mayor parte de las veces lo que se desea es la ruptura de los objetos próximos. Por otra parte, empleando grandes cargas sucedería que antes de que hubieran detonado por completo, parte de la masa se pondría en contacto con el aire y perdería sus propiedades explosivas. Además, estas pólvoras, para producir efecto, exigen fuertes atraques, y esto en la guerra de minas es un gravísimo inconveniente. Finalmente, si esta pólvora ha de reemplazar á la ordinaria resulta más cara que ella, y si bien es cierto que el ser más potente compensa el aumento de precio, también lo es que los inconvenientes citados hacen ilusoria dicha potencia; pues basta que penetre alguna canti-

dad de aire en la cámara de mina para que la explosión cese. Para reemplazar las pólvoras vivas no conviene, pues éstas son mucho más potentes y no exigen atraques.

Únicamente creemos aplicable esta pólvora á la explotación de canteras cuando se quieran obtener grandes carretales. En este caso tiene las indudables ventajas de que su forma se presta á colocarla fácilmente en los barrenos, y de que no arroja trozos de piedra á grandes distancias. Hoy por hoy, creemos, pues, que la pólvora comprimida no substituirá á ninguna de las que se emplean en la guerra para las minas.

Si en la mezcla que constituye la pólvora ordinaria se substituye el nitrato de potasa por el de sosa, se obtiene á igualdad de peso mayor cantidad de calorías y mayor volumen de gases, es decir, mayor trabajo. Esta pólvora es, pues, más económica, y se ha empleado en el istmo de Suez; pero el nitrato de sosa es mucho más higrométrico que el de potasa, por cuya razón es más difícil conservar la pólvora en que entra. Y como en la guerra no pueden elaborarse las pólvoras á medida que se van necesitando, no es dicho explosivo de gran aplicación y es de creer que las dificultades y gastos para conservarle en buen estado compensarían la economía indicada. Se ha tratado de evitar los efectos de la delicuescencia agregando á la mezcla sulfato de sosa ó magnesia, que absorben la humedad; pero el remedio ha sido poco eficaz.

Se han ideado además multitud de mezclas para obtener una buena pólvora de mina, pero se han generalizado poco: entre ellas están las siguientes:

Pólvora McDonnier	Salitre.	63
	Carbón.	30
	Sulfuro de antimonio.	6

Es muy á propósito para la explotación de canteras; su potencia es superior á la de la pólvora ordinaria.

Se forma mezclando las siguientes composiciones:

	Núm. 1.		Núm. 2.
Nitrato de potasa.	30	Bicromato de potasa.	3
Idem de sosa.	20	Azufre.	13
Almidón.	2	Carbón.	12

Estas composiciones aisladas son inertes y la mezcla se hace en las proporciones siguientes:

Núm. 1.	17 partes.
Núm. 2.	7 »

Tiene por objeto producir poco humo: es económica, la fabricación resulta fácil y poco peligrosa. La composición es:

Pólvora
Daney.

Nitrato de potasa.	64
Azufre.	16
Carbón.	12
Harina, salvado ó almidón.	8

Puede substituirse el salitre por el nitrato de sosa; pero entonces resulta la pólvora muy higrométrica y hay que conservarla en cartuchos impermeables.

Hace algunos años estuvieron muy en boga. Su base es el clorato de potasa, sal muy oxidante, muy sensible á la acción de los choques y rozamientos y que se inflama con gran facilidad por medio de estas acciones, cuando se halla mezclada con substancias combustibles. Esto explica la multitud de accidentes desgraciados ocurridos al fabricar esta clase de explosivos; las materias que en ellos se emplean deben pulverizarse separadamente y mezclarlas luego en un tamiz. Esta pólvora estalla á veces al secarla en una estufa y esto, unido á su sensibilidad á los efectos mecánicos, ha sido causa de sus pocas aplicaciones.

Pólvoras
cloradas.

Las ventajas que tienen estas pólvoras sobre las nitratadas son: producir mayor cantidad de trabajo y ser más rompedoras, porque los efectos de la disociación son menos sensibles; pero esto último es en algunos casos un inconveniente.

Una propiedad notable tiene el clorato de potasa, propiedad que tiene muchas aplicaciones, y consiste en que, mezclándolo con substancias orgánicas, azufre, y, en general, con cuerpos combustibles, se inflama bajo la acción del ácido sulfúrico concentrado; este fenómeno es debido á la formación del ácido clórico y á la inmediata descomposición de éste en ácido hipoclorico, que es un cuerpo detonante.

La siguiente tabla da una idea de la diferencia de presión desarrollada por 1 kilogramo de diferentes pólvoras cloratas y las nitratas, pero luego veremos que el algodón-pólvora y dinamita son mucho más potentes que las primeras y menos peligrosas.

COMPOSICIÓN.	Calorías.	Volumen de los gases. — Litros.	Presión teórica.
Clorato y azufre.	740	196	4120 <hr/> n — 0,27
Nitrato y azufre.	658	168	2550 <hr/> n — 0,25
Clorato y carbono.	1092	232	5950 <hr/> n — 0,22
Nitrato y carbono.	786	245	5430 <hr/> n — 0,27
Clorato, azufre y carbón.. . . .	963	225	5400 <hr/> n — 0,25
Nitrato, azufre y carbón.. . . .	801	111	2060 <hr/> n — 0,12

Hay una infinidad de pólvoras cuya base es el clorato de potasa; todas, sin embargo, son poco usadas. Entre las más conocidas se hallan las siguientes:

Asfalina.	Clorato de potasa.	54
	Nitrato y sulfato de potasa.	4
	Salvado.	42

Se le agregan grasas (parafina, estearina, naftalina, etc.) para que formen una capa que evite el contacto con el aire y se conserve mejor. El salvado debe estar bien limpio y no contener harina.

IPólvora IKöhler.	Clorato de potasa.. . . .	70
	Azufre.	20
	Carbón.. . . .	10

Muy peligrosa por lo sensible.

Clorato de potasa..	71
Azúcar..	16
Carbón.	6
Alquitrán de carbón fósil.	7

Pólvora
Monnier.

El clorato se disuelve en 250 partes de agua y luego se mezcla con los otros cuerpos.

Clorato de potasa.	50
Salitre.	25
Ferrocianuro potásico.	4,50
Carbón vegetal.	12,50
Parafina.	6
Ferrato de potasa..	2

Vril.

Es muy peligrosa.

Pólvoras picratadas.—En todas ellas entra el ácido pícrico, que es una substancia obtenida hoy día tratando el fénol por el ácido nítrico. La reacción tiene lugar á temperatura elevada, y al producirse el enfriamiento se obtiene una masa amarillenta, poco soluble en el agua y susceptible de cristalizar, que es el ácido pícrico, agente explosivo de gran potencia, llamado también ácido carbonítrico ó trinitrofenol. Cuando se opera en grande escala hay que añadirle ácido sulfúrico para que absorba el agua producida por la reacción.

Pólvoras
picratadas.

Mezclando pesos iguales de picrato y clorato de potasa se obtiene el agente explosivo llamado pólvora Fontaine. Esta mezcla es sumamente explosiva y su fabricación muy peligrosa; basta, á veces, el ligero rozamiento con las barbas de una pluma para hacerla estallar. El picrato de potasa, mezclado con el nitrato, da una mezcla de manejo menos peligroso y más estable, sin que por esto la fuerza explosiva sea inferior á la de la pólvora Fontaine. Mezclando el nitrato de potasa y el picrato de amoniaco se obtiene la pólvora llamada pícrica, mucho menos peligrosa que las anteriores, pues solo detona en vasos cerrados y tiene una fuerza explosiva superior á la de la pólvora ordinaria. La fabricación del picrato de amoniaco es también mucho menos peligrosa que la de los otros picratos, pues puede emplearse agua, mientras que en los demás

casos hay que hacer en seco las distintas operaciones y, por lo tanto, se producen más fácilmente explosiones imprevistas.

Melinita.

Las pólvoras picricas, después de haber sido desechadas por peligrosas, vuelven hoy á emplearse principalmente en artillería. Una de las conocidas es el ácido pícrico llamado *melinita*. Los ensayos de este explosivo han producido ya algunas catástrofes; pero segun parece las explosiones de Belfort y Briges han sido debidas á la formación de picratos á causa de la presencia de cuerpos extraños. Cuando el ácido pícrico está bien preparado y no contiene picrato alguno, puede considerarse como explosivo seguro; pero parece difícil que se cumplan estas condiciones. Las experiencias verificadas en Lydd (que han hecho dar también á este explosivo el nombre de *lidita*) han comprobado la seguridad de este agente explosivo bien preparado.

Para que el ácido pícrico no ofrezca peligros en su empleo, es preciso:

- 1.º Que esté formado por pequeños cristales de color pajizo.
- 2.º Que sea completamente anhidro.
- 3.º Expuesto durante tres horas á una temperatura de 100º no ha de cambiar el color, ni ponerse pastoso.
- 4.º Debe dar siempre una reacción ligeramente ácida; lo contrario indicaría la existencia de picratos.
- 5.º No ha de contener impurezas.

En estas condiciones es poco venenoso; al aire libre arde con llama fuliginosa y sólo detona por medio del fulminato de mercurio, cuyo contacto con el explosivo sea perfecto.

Puede emplearse fundido ó en estado de polvo comprimido: en aquel estado es más seguro y se conserva mejor; en estado pulverulento sirve de cebo. Solo puede conservarse sin alteración en recipientes de estaño químicamente puro y cerrados herméticamente. Además de emplearse para cargar las granadas, puede usarse como la dinamita para demoliciones y rupturas. En Francia se ha empleado con buen éxito para la ruptura de un banco de hielo en el Sena. Según el espesor de la capa de aquél puede colocarse encima ó en barrenos.

De todos modos consideramos esta substancia muy peligrosa, dada la dificultad de evitar que se formen picratos.

La cresilita resulta de tratar el cresol por el ácido nítrico. El cresol es un carburo de hidrógeno cuya fórmula es $(C_6 H_4 C H_3 O H)$. Tratado por el ácido nítrico produce $C_6 H (N O_2)_3 C H_3 O H$, que es el trinitrocresol ó *cresilita*, y 3 equivalentes de agua. Se emplea junto con la melinita ó en vez de ella.

Á continuación damos á conocer las principales pólvoras que tienen por base el ácido pícrico.

	A	B	C	
Picrato de potasa.....	50 á 55	9 á 16,4	22,9 á 28,6	Pólvora pícrica de Designolle.
Nitrato de potasa.....	50 á 45	80 á 74,4	69,4 á 65	
Carbón.....	»	11 á 9,2	7,7 á 9,4	

La pólvora *A* puede emplearse en las granadas y torpedos, la *B* en los cañones, la *C* en los fusiles.

Igual á la anterior, substituyendo el picrato de potasa por el de amoniaco. Polvora pícrica Abel.

Se compone de

Bronolita.

Picrato doble de sosa y barita..	30 á 15
Picrato de potasa.....	10 á 2
Mononitronaftalina.....	5 á 20
Nitrato de potasa.....	20 á 40
Azúcar.....	1,5 á 3
Goma.....	2 á 3
Negro de humo.....	0,5 á 4

Es menos sensible que la que se forma con picrato de potasa, porque la mononitronaftalina sirve para retardar la combustión. Se inflama esta pólvora á los 300°; al aire libre arde sin detonar, y sólo da 1 por 100 de residuos sólidos.

Picrato de amoniaco.....	50
Nitrato de amoniaco.....	50

Pólvora Brugere.

Se prepara disolviendo en frío en ácido nítrico á 60° *B* ácido pícrico, y, al evaporarse la disolución, se obtiene un precipitado amarillo que se hace fundir con nitrato de amoniaco, mezclando para ello 5 partes de cada cuerpo. Hay que evitar que la temperatura pase de 200°, á fin de que no haya peligro. El nitrato de amoniaco se espolvorea con parafina

antes de hacer la mezcla. La emmensita es esponjosa, inodora, amarga y presenta un color amarillo brillante. Su densidad, 1,47. Es sensible á los choques y explota cuando se la calienta á más de 200°.

Recientemente el Dr. Emmens ha modificado la composición de esta pólvora, y la forma con partes iguales de ácido pícrico, nitrato de sosa y nitrato de amoniaco. El ácido pícrico se funde en un crisol de porcelana elevando la temperatura á 97°, á cuya temperatura es semifluido. Después se echan los nitratos en pequeñas porciones y se efectúa la mezcla hasta obtener una pasta amarilla homogénea, que, después de echada en los moldes y solidificada, presenta un aspecto cristalino. Después de fría puede reducirse á polvo sin peligro é introducirse en cartuchos. Según parece, el explosivo así obtenido resulta insensible á los choques y elevaciones de temperatura.

Heraclina.	Ácido pícrico.	0,50
	Salitre.	27,30
	Nitrato de sosa.	27,20
	Serrín de madera dura.	15,00
	Azufre.	12,00

Para obtenerla se empapa el serrín en una disolución formada con el ácido pícrico, 0,50 de salitre y 36 partes de agua. Después de haberlo secado se le mezcla con el resto de los ingredientes.

		Núm. 1.	Núm. 2.
Jalina.	Picrato de sosa.	3	8
	Carbón mineral.	10	15
	Nitrato de potasa.	65	75
	Azufre.	10	10
	Clorato de potasa.	2	2

Se emplea como pólvora ordinaria de mina.

Lcederita.	Ácido pícrico.	2
	Salitre.	45
	Azufre.	15
	Raspaduras de cuero.	18

Lenita Mezcla de ácido pícrico y colodión.

Es debida al profesor Pesci y al capitán de fragata Zini. Esta pólvora tiene dos composiciones distintas, que son las siguientes:

	Núm. 1.	Núm. 2.
Picrato de amoniaco..	60,59	27,76
Nitrato de amoniaco..	39,41	72,24

La núm. 2 resulta más potente y segura y se ha propuesto para emplearla en las granadas-torpedos. Para fabricarla se emplea una disolución concentrada de nitrato de amoniaco, que se calienta hasta 100°; se le agrega la parte correspondiente de picrato reducido á polvo muy fino y se calienta la mezcla. Á los 200° toda el agua ha desaparecido y queda un líquido amarillo que se vierte en los moldes ó en las granadas. Densidad: 1,59. Aunque se caliente lentamente hasta los 300° no estalla, pero se descompone á partir de 210. Arrojada sobre una plancha incandescente arde, tomando el estado esferoidal. Proyectando carbones sobre una masa de maicita se inflama sólo en los puntos de contacto. Los cilindros solidificados de maicita fundida son muy duros y difíciles de romper. Es higrométrica á causa del nitrato de amoniaco; pero un cartucho envuelto en papel parafinado se ha conservado cuatro meses bajo el agua.

La base de este explosivo y otros que indicaremos es la celulosa, substancia vegetal que constituye las paredes de las células y los vasos. Se halla casi pura en el algodón en rama. Se compone de

Carbono.	44,44
Hidrógeno..	6,17
Oxígeno.	49,39

La celulosa tratada por el ácido nítrico da lugar á varios agentes explosivos; pero entre ellos los principales son los que se obtienen nitrificando el algodón en rama. Éste debe hallarse completamente puro, para lo cual se toma el blanco de mejor calidad y se forman con él trenzas no muy compactas de 85 gramos de peso, que, suspendidas de unos ganchos, se sumergen en una disolución de potasa hirviendo y cuya densidad sea 1,02. Después de dos ó tres minutos de esta maceración se colocan en un desecador de fuerza centrífuga y luego se acaban de secar en una estufa.

Tratando la celulosa por el ácido nítrico, se obtienen dos productos distintos según el grado de nitrificación. La fórmula química de la celu-

Algodón
pólvora.

losa es $C^6 H^{10} O^5 = C^6 H^7 O^2 (H O)^3$. Tratándola por el ácido nítrico se convierte en $C^6 H^7 O^2 (A z O^3)^3$, es decir, que los tres equivalentes de $H O$ han sido substituídos por otros tantos de ácido nítrico; pero si esta reacción se produce en grande escala, el agua resultante diluye el ácido nítrico y entonces se obtiene otro producto cuya fórmula es $C^6 H^7 O^2 (H O) (A z O^3)^2$. Es fácil ver que este producto es menos nitrado que el anterior. El primero es la celulosa trinitrica ó algodón-pólvora; el segundo, la binitrocelulosa, celulosa ó algodón colodión. El algodón colodión se llama también algodón-pólvora soluble, porque lo es en el éter, el alcohol ó en una mezcla de ambos. Tiene menos energía que el algodón-pólvora y forma la base de varios explosivos, y particularmente de las gelatinas que luego estudiaremos. El colodión empleado en la fotografía es el producto obtenido disolviendo el algodón colodión en el éter ó el alcohol.

Para obtener la binitrocelulosa, se purifica el algodón del modo ya indicado, y luego en un molino se reduce á una masa pulposa; se mezclan 5 kilogramos de ácido nítrico, de 1,42 de densidad, con 7,5 kilogramos de ácido sulfúrico, de 1,83, en un recipiente de greda sumergido en agua fría; cuando la temperatura de la mezcla baja á 20° , se sumergen 500 gramos de algodón; se deja macerar por espacio de dos horas y luego se seca en desecadores de fuerza centrífuga; de éstos se lleva á un baño ligeramente alcalino, en donde se deja dos horas: después se lava con agua fresca y por medio de molinos semejantes á los empleados en las fábricas de papel se reduce á pasta; en este estado se lleva de nuevo á los secadores de fuerza centrífuga hasta que ya no salga agua, y se acaba de secar en una estufa cuya temperatura no debe pasar de 60° . No debe emplearse para la fabricación de este producto ácido nítrico fumante. El algodón colodión se conserva húmedo, con 33 á 40 por 100 de agua, á fin de evitar explosiones.

Puede también obtenerse un explosivo análogo al anterior substituyendo el algodón por paja, papel, salvado, serrin, harina, y en general cualquier otra celulosa: pero los productos así obtenidos son de inferior calidad. La celulosa trinitratada recibe, como ya hemos dicho, el nombre de *algodón-pólvora* y algunas veces se le denomina también *piróxilo*, si bien este nombre designa en general todos los productos resultantes de tratar la celulosa por el ácido nítrico.

En 1813 Braconnot observó que tratando el almidón por el ácido nítrico, resultaba un compuesto particular á que dió el nombre de *xiloidina*. Pelouze observó luego que todas la materias celulósas tratadas por el mismo ácido daban un producto insoluble en el agua y fácilmente inflamable. El químico alemán Schönbein hizo también en 1847 varias experiencias con las mismas substancias. La primera nación en que se hicieron experimentos formales con objeto de aplicar la nueva pólvora á los usos militares, fué Austria. El general baron de Lenk ideó un medio especial de fabricación; pero una explosión ocurrida en 1862, hizo renunciar al empleo de este agente explosivo. En 1865 el químico inglés Mr. Abel dió á conocer otro procedimiento de fabricación, por medio del cual se obtiene una pólvora de gran estabilidad y de muy seguro manejo.

Propiedades físicas.—El algodón-pólvora es áspero al tacto y más rugoso que el ordinario; sus fibras no tienen aspecto sedoso ni reflejos tan brillantes. Por medio del rozamiento se electriza con facilidad. Su densidad es de 0,25 á 0,50 cuando está sin comprimir, y de 1 á 1,25 comprimido (1). Es insoluble en el agua y el alcohol, pero no en el éter acético y en una disolución etérea de amoniaco. Cuando está seco se inflama entre los 180° y 200°, pero húmedo resiste temperaturas más elevadas y dependientes del grado de humedad. La combustión del algodón-pólvora es tan rápida que puede inflamarse una pequeña cantidad de él teniéndolo en la mano ó colocándolo sobre un montón de pólvora, sin que se sienta la menor sensación en el primer caso, ni haga explosión la pólvora en el segundo. La luz puede llegar á descomponer el algodón-pólvora cuando está mucho tiempo expuesto á ella, y en este caso se notan pequeñas manchas amarillas ó rojizas; si la acción continúa se nota desprendimiento de vapores nitrosos que enrojecen el papel de tornasol. Cuando este agente explosivo está seco, detona, por efecto del choque, colocado entre dos cuerpos duros; pero estando húmedo es completamente inerte á los choques, lo que en campaña es una gran ventaja, pues aún cuando una carga de algodón-pólvora húmedo sea atravesada por un proyectil, no estalla.

(1) La densidad absoluta de este explosivo es 1,50.

Preparación.—En Stowmarquet se prepara el algodón-pólvora como sigue: se emplea algodón blanco, y se purifica del modo ya indicado; se le seca por medio de una corriente de vapor, y después se le introduce por porciones de 500 gramos en recipientes que contengan una mezcla formada por tres partes en peso de ácido sulfúrico de 1,84 de densidad y una de ácido nítrico de 1,52. Estos ácidos se hallan contenidos en recipientes separados, en cuyo fondo hay unos grifos cuya sección se halla calculada de modo que las venas líquidas tengan el volumen que corresponda á las proporciones de la mezcla. Al mismo tiempo que los ácidos caen en el recipiente en donde se mezclan, hay que agitarlos para que la mezcla se efectúe por completo. Enfriada ésta, se lleva por medio de un conducto á varios recipientes de hierro fundido, en cada uno de los cuales debe haber 100 kilogramos de mezcla. En ellos se introducen los 500 gramos de algodón, y después de cinco ó seis minutos de baño se comprime para que suelte el exceso de ácido. Cada baño puede servir para nitrificar cinco ó seis porciones de 500 gramos, pero hay que reemplazar el líquido absorbido cada vez.

Hecho esto se lleva el algodón á recipientes de porcelana cerrados con una tapadera y sumergidos en una corriente de agua fría. En ellos se le deja veinticuatro horas, á fin de que el ácido que le empapa pueda completar la reacción.

Después se introduce el contenido de seis de los recipientes anteriores en desecadores de fuerza centrifuga, que están formados por dos cilindros concéntricos: el interior está lleno de agujeros y el exterior completamente cerrado; aquél da 1200 vueltas por minuto, y cuando ya no sale agua por los agujeros se sumerge en un baño, en donde una rueda de paletas lo agita hasta que quede bien lavado, de tal manera que un pedacito de algodón puesto sobre la lengua no dé sabor ácido.

Desde este baño vuelve al desecador, y luego á una artesa de madera llena de agua, que se mantiene hirviendo por medio de una corriente de vapor, y en la cual permanece el algodón ocho horas. Estas operaciones se repiten.

El algodón pasa luego á una máquina trituradora que le reduce á una masa pulposa; después de seis horas de trituración se lava de nuevo

en un gran recipiente de madera lleno de agua fría agitada por varias ruedas de paletas.

Después de seis horas de este lavado se analiza el algodón-pólvora, y si el resultado es satisfactorio, es decir, si resulta sin exceso de ácidos, se sumerge en un baño de lechada de cal de 1,02 de densidad. La masa así obtenida se seca en un recipiente de hierro en que se hace el vacío, y en cuyo fondo hay una tela metálica que deja pasar el agua, pero no el algodón.

Una vez eliminada la mayor parte de la humedad, el algodón-pólvora se somete á una compresión de 2250 kilogramos por centímetro cuadrado, y después se lleva la masa así comprimida á los moldes que han de darle la forma de cartucho, en los que se somete á una prensa hidráulica que produce una presión de 775 kilogramos por centímetro cuadrado. Los cartuchos de algodón-pólvora comprimido aparentan discos de cartón de bastante espesor y tienen en su eje una canal para colocar la cápsula que sirve de cebo.

El algodón-pólvora seco puede descomponerse con la mayor facilidad, bien por la elevación de temperatura, bien por la acción de la luz, habiéndose observado que casi todas las explosiones espontáneas tenían lugar en las estaciones calurosas. La presencia de grandes masas de algodón-pólvora parece que aumenta las probabilidades de descomposición. Entonces, al descomponerse algunas partículas dan lugar á desprendimientos de ácido, que propaga la descomposición. Cuando este agente explosivo se halla en presencia de ácidos enérgicos, se descompone con mucha facilidad, y por esta razón, cuando en un almacén empieza á descomponerse parte de los productos, deben éstos retirarse, á fin de que los vapores nitrosos producidos no descompongan el resto de la pólvora almacenada. Se ha observado que el algodón-pólvora que contiene de 15 á 25 por 100 de agua es completamente inerte y sólo se inflama cuando se pone en contacto con cierta cantidad de algodón-pólvora seco, teniendo entonces la misma fuerza explosiva que si no se hubiera mojado. Estas ventajas son muy apreciables, pues por un lado facilitan el transporte del agente explosivo, y por otro permiten emplearlo bajo el agua y en parajes húmedos sin recurrir á envolturas impermeables. Como el algodón-pólvora no contiene suficien-

te oxígeno para oxigenar en el mayor grado posible los productos de la explosión, no debe extrañarnos que estos sean variables. Entre ellos se encuentran el ácido carbónico, el óxido de carbono, el ázoe, carburos de hidrógeno, carbono, hidrógeno, vapor de agua y óxido de ázoe. Mezclando el algodón-pólvora húmedo con el nitrato de potasa ó de sosa, se obtiene una pólvora menos rompedora y como ambas substancias son muy oxidantes, los productos de la combustión resultan más oxigenados y por lo tanto menos peligrosos cuando la explosión tiene lugar en las galerías de mina. Además, si la sal es básica, la descomposición del agente explosivo es más difícil, pues absorbe los primeros vapores nitrosos desprendidos. En Faversham se fabrica una pólvora llamada *tónita*, que no es más que el algodón-pólvora ordinario, mezclado con un peso igual de una mezcla de tres partes de nitrato de barita y una de nitrato de sosa. Las tres substancias mezcladas se someten á una trituración y se obtiene un polvo fino que suele recogerse en cartuchos cilindricos impregnados en parafina fundida. Esta pólvora arde muy difícilmente, aun cuando esté seca, y si está contenida en cartuchos impregnados de parafina puede permanecer sumergida y sin alterarse varios días. Una bala disparada á boca de jarro contra un cartucho de *tónita* no produce explosión. Esta substancia, á pesar de las ventajas indicadas, es poco empleada.

El algodón-pólvora puede conservarse indefinidamente en los almacenes, cuando contiene 20 por 100 de agua. En esta disposición no se inflama, ni puesto en contacto con un cuerpo incandescente, ni por medio de choques; pegando fuego á una caja que contenga algodón-pólvora húmedo, éste arde lentamente y sin producir explosión; la luz tampoco le descompone. El algodón-pólvora húmedo se conserva en cajas ó barriles de madera calafateados y cada tres meses se introduce en ellos agua, dejando luego escapar la sobrante por medio de una espita situada en el fondo. Un 20 á 25 por 100 de agua es, al parecer, lo suficiente para una buena conservación.

Inflamación del algodón-pólvora.—Cuando está seco se obtiene por medio de 1,5 á 3 gramos de fulminato de mercurio. Para que la explosión tenga lugar es necesario que el agente explosivo esté bien apretado contra las paredes de la cápsula que contiene el fulminato, y al mismo

tiempo que dichas paredes presenten cierta resistencia; así, por ejemplo, se ha visto que cuando el fulminato está encerrado en un tubo de pluma, no siempre tiene lugar la explosión, y es, por lo tanto, necesario emplear cápsulas de hojadelata ó de cobre. El algodón-pólvora puede también inflamarse por medio de cierta cantidad de la misma pólvora que haga explosión á pequeña distancia. La interposición de pequeños obstáculos, como pergamino ó papel, no impide la transmisión de la explosión. El algodón-pólvora húmedo detona cuando se pone en contacto con 400 gramos de algodón-pólvora seco (1), que se inflaman como ya hemos indicado. La tónica, cuando está seca, hace explosión puesta en contacto con una cápsula que contenga 0,5 gramos de fulminato de mercurio, y cuando está húmeda hay que ponerla en contacto con 50 ó 60 gramos de la misma substancia seca.

El algodón-pólvora comprimido tiene sobre la pólvora ordinaria las siguientes ventajas:

1.^a Á igualdad de peso la presión inicial desarrollada es $3 \frac{1}{2}$ veces mayor que la de la pólvora ordinaria y el trabajo total $1 \frac{1}{2}$, y como tiene mayor densidad, estas ventajas son mucho más considerables á igualdad de volumen.

2.^a Se puede emplear más fácilmente bajo el agua.

3.^a Su manipulación es menos expuesta.

4.^a Es de más fácil transporte. En cambio tiene el inconveniente de que si no se mezcla con cuerpos oxidantes, da gases más deletéreos.

Relativamente á su empleo en las armas de fuego el algodón-pólvora tiene la ventaja de no producir residuos sólidos que ensucien el alma de aquellas y además la combustion de este explosivo calienta menos los cañones, circunstancia debida en primer lugar á la mayor rapidez de combustion, y en segundo lugar á la ausencia de residuos sólidos, por cuyas razones resulta el arma menor tiempo en contacto con los cuerpos de temperatura elevada que la explosión produce. Si á esto se agrega que por los modernos procedimientos de fabricación se ha logrado obtener el algodón-pólvora sin exceso de ácidos y por consiguiente evitar los peligros que presentaba el obtenido por antiguos procedimientos, no hay

(1) Si la masa húmeda que quiere inflamarse es grande, conviene aumentar esta cantidad proporcionalmente al peso de aquélla.

que extrañar que este explosivo tenga hoy grandes aplicaciones y constituya la base de muchas de las pólvoras llamadas sin humo.

Para cerciorarse de la estabilidad del algodón-pólvora puede sujetarse á las siguientes pruebas.

1.^a Se calientan 2,5 gramos en un tubo de ensayo introducido en un baño de aceite; en el interior del tubo se suspende una tira de papel humedecido en una disolución de yoduro potásico y almidón. Mientras la temperatura del aceite sea inferior á 88° no debe teñirse el papel. Hecho esto se quita la tira de papel y se cubre el tubo con un disco de la misma substancia: mirando el tubo de arriba á abajo, según su eje, no deben notarse vapores parduzcos hasta que la temperatura del baño llegue á 160°. Al producirse dichos vapores hay que destapar el tubo.

2.^a Se introducen en un tubo de ensayo 0,5 gramos que deben calentarse, introduciendo aquél en un baño de aceite, hasta 173°, sin que haya explosión.

3.^a Debe disolverse en el éter acético, sin dejar el menor residuo.

4.^a Sumergiendo durante dos ó tres horas 10 gramos de explosivo en 120 de una mezcla de dos volúmenes de éter y uno de alcohol, sólo debe perder en peso, después de haberlo secado, una cantidad despreciable.

Para conservar el algodón se ha propuesto, además del agua, mezclarlo con parafina, silicato de sosa, carbonato de amoníaco, etc. Pero todos estos cuerpos quitan fuerza al explosivo, pues á igualdad de peso hay menor cantidad de él.

Nitro-
carbón.

Se obtiene tratando el carbón pulverizado por el ácido nítrico, y á fin de que la reacción resulte menos violenta, la nitrificación se efectúa repetidas veces usando cada vez un ácido más concentrado. Es un explosivo muy caro, y en nuestro concepto peligroso, y por consiguiente poco práctico.

Nitrocola.

Se prepara disolviendo 10 partes de cola de pescado en 100 de agua hirviendo: se deja condensar la disolución en un calor moderado, añadiendo 0,25 por 100 de ácido nítrico para evitar que se solidifique por enfriamiento. Cuando ha adquirido consistencia gelatinosa se le somete

á la acción de un baño de ácido sulfúrico y nítrico, idéntico al empleado para preparar el algodón-pólvora, y después de quince minutos de inmersión se procede al lavado hasta que no haya exceso de ácidos.

Se prepara disolviendo la nitrocelulosa en un hidrocarburo nitrato- Kinetita.
do, la nitrobencina, por ejemplo: la disolución se amasa á mano, con nitrato de potasa y amoniaco, clorato de potasa y pentasulfuro de antimonio. Ofrece poca seguridad.

SMOKELES POWDER DE ABEL. Se compone de:

Explosivo
sin humo.

Nitrocelulosa en polvo y seca.	100
Nitrato de amoniaco.	10 á 50

La mezcla se hace pastosa añadiéndole petróleo, y se forman cilindros, prismas, granos, etc. El líquido sobrante se elimina por compresión y luego por evaporación en una estufa que dé un calor moderado. Se hace impermeable este explosivo sumergiéndolo en un líquido que disuelva parcialmente la nitrocelulosa, á fin de formar una capa de colodión que la proteja. Este explosivo, casi exento de humo, puede tener buena aplicación en los hornillos de mina.

Se obtiene impregnando el papel, por sus dos caras, en una disolu- Papel
explosivo.
ción de clorato de potasa ó una mezcla explosiva formada con salitre, clorato, carbón en polvo y serrín muy fino. Hay que impregnar el papel varias veces, pero dejándolo secar antes.

La base de esta pólvora es la nitrocelulosa. Es la empleada en el Pólvora
Vieille.
fusil Lebel.

Algodón-pólvora.	50	Potentita.
Nitrato de potasa.	50	
Algodón-pólvora.	52,50	Tonita.
Nitrato de barita.	47,50	

Se prepara macerando una parte de paja triturada y purificada en dos partes de ácido nítrico y una de ácido sulfúrico. El producto se somete á varios lavados hasta que no presente traza alguna de ácidos. Después se la somete á una segunda maceración en hiposulfito de sosa, y se reduce á pasta, comprime y seca como el algodón-pólvora. Según las experiencias del coronel inglés Shakespeare, esta pólvora, después Pólvora.
Hengsti.

de cuarenta y ocho horas de hallarse sumergida, vuelta á secar no ha perdido su potencia, y lo mismo sucede haciéndola hervir en agua durante cuarenta minutos. Usada en las armas de fuego, da velocidades superiores á la pólvora ordinaria y puede clasificarse entre las sin humo.

Hidrocelu-
losa nitrifi-
cada.

La hidrocelulosa se obtiene sumergiendo la celulosa durante doce horas en un baño de ácido sulfúrico de 1,45 de densidad, ó de ácido clorhídrico de 1,60.

También puede obtenerse sumergiendo, durante media hora, el algodón purificado en un recipiente de agua acidulada al 5 por 100 de ácido nítrico y secándolo en seguida en un desecador de fuerza centrifuga. Después se comprime en vasos de hierro forrados de plomo, que se mantienen doce horas en un baño de agua hirviendo; así se obtiene la hidrocelulosa en forma de un polvo parecido á la harina. Tratando este polvo por un procedimiento análogo al empleado para nitrificar el algodón, se obtiene la hidrocelulosa nitrificada, cuyos efectos son parecidos á los del algodón-pólvora.

Nitroglice-
rina.

Este agente explosivo se obtiene tratando la glicerina por el ácido nítrico. La glicerina es una base que resulta de la saponificación de las substancias grasas, compuestas de estearato, margarato y oleato de glicerina. Por medio de la cal ó del vapor de agua á una temperatura muy elevada se separa la glicerina que contienen dichas sales; pero hay en ella siempre cierta cantidad de agua que es preciso evaporar, lo que se hace lentamente y procurando que la temperatura no pase de 130°, á fin de evitar que aquélla se descomponga.

Propiedades físicas.—La nitroglicerina es un líquido aceitoso opalino y de un color amarillento; no tiene olor; su sabor, ligeramente azucarado al principio, es amargo y picante después de saborearla largo rato; su densidad está representada por 1,60; es poco soluble en el agua y en el alcohol frío, pero se disuelve cuando éste alcanza la temperatura de 50°; el éter y la bencina le disuelven fácilmente; á 8° se congela, y cristaliza cuando se halla expuesta por algún tiempo á una temperatura inferior á 3°; á temperaturas inferiores á 50° la nitroglicerina es muy poco volátil y puede mantenerse mucho tiempo á la temperatura de 100° sin que se descomponga. Aumentando poco á poco la temperatura puede llegarse hasta 190° sin obtener explosión; pero entonces empieza á des-

componerse, perdiendo sus propiedades explosivas. Si la temperatura se eleva bruscamente á 180°, detona.

Puesta en contacto con un cuerpo incandescente, arde con lentitud si está al aire libre ó en una envoltura de poca resistencia, que queda inmediatamente rota; pero si la envoltura es muy resistente hay explosión. El choque producido por un martillo de hierro contra una capa de nitroglicerina extendida sobre un cuerpo duro, produce la explosión de la parte chocada y la proyección á distancia del resto del líquido. La nitroglicerina conduce bien la electricidad y sólo se descompone lentamente por el paso de una serie de chispas producidas por la bobina de Ruhmkorff; entonces toma un color parduzco, y si la sucesión de chispas es muy rápida, estalla.

La nitroglicerina se descompone á veces espontáneamente y esta descomposición es debida á que no siempre se halla del todo pura y contiene exceso de ácido. Los vapores producidos adquieren mayor tensión á medida que aumenta el volumen, y si el líquido se halla en un vaso herméticamente cerrado, puede suceder que sus paredes se rompan y la conmoción resultante produzca la explosión de la nitroglicerina. Por esta razón no conviene tener este líquido en vasos herméticamente cerrados. Cuando en un punto de una masa de nitroglicerina se nota un principio de descomposición, una acción exterior, como un pequeño choque ó una elevación de temperatura, puede determinar la explosión. A fin de evitar las explosiones espontáneas, se ha propuesto conservar la nitroglicerina disuelta en alcohol metílico, con lo cual se convierte en una substancia inerte. Al emplearla se trata esta disolución por el agua y la nitroglicerina se precipita, separándose del alcohol; pero semejantes manipulaciones no siempre son posibles y hacen perder mucho tiempo. El papel de tornasol da á conocer inmediatamente la descomposición de la nitroglicerina, pues los vapores nitrosos que se desprenden, le enrojecen. Para obtener la explosión de la nitroglicerina se emplean cebos de fulminato de mercurio, análogos á los que describiremos al tratar de la dinamita. También se obtiene la explosión poniendo el líquido en contacto con una pequeña cantidad de pólvora contenida en un cartucho metálico y que recibe el fuego por medio de una salchicha; pero este medio no es seguro.

Propiedades fisiológicas.—La nitroglicerina es venenosa y algunas gotas de ella bastan para dar muerte á un perro. Una gota puesta en la lengua produce dolor de cabeza y náuseas, y el mismo efecto se obtiene cuando se toca con las manos, sobre todo si hay escoriaciones. La respiración del aire contenido en las habitaciones en que se fabrica, puede producir la intoxicación. Sin embargo, los casos graves de envenenamiento producidos por la nitroglicerina son muy pocos, y solo puede ocasionar grandes perturbaciones en la economía animal, cuando entra en grandes cantidades. Los primeros síntomas se combaten por medio del café muy cargado y si son más graves se emplea el acetato de morfina; pero éste solo puede usarse bajo receta. Para impedir que la nitroglicerina en contacto con la epidermis de los obreros que la fabrican pueda producir efecto, se lavan aquéllos las manos y la cara con una legía de potasa muy diluida. Esta legía aumenta las propiedades absorbentes de la epidermis; así es que no conviene volver á manipular la nitroglicerina inmediatamente después de haberse lavado.

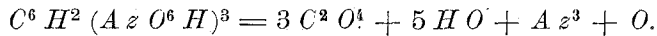
Preparación.—Esta substancia fué descubierta en 1847 por Sobrero; pero no se empezó á emplear en la industria hasta 1864, en cuyo año Mr. Nobel dió á conocer la facilidad de provocar la explosión por medio del fulminato de mercurio, pues hasta entonces no se había hallado ningún medio que pudiera servir para hacer detonar la nitroglicerina.

La nitroglicerina se obtiene como sigue: en recipientes de palastro forrados de plomo se introduce una mezcla de 1,100 kilogramos de ácido nítrico y 2,200 kilogramos de ácido sulfúrico; este tiene el mismo objeto que hemos dado á conocer al tratar del algodón-pólvora.

La glicerina llega á los recipientes por medio de tubos colocados encima de aquéllos; pero sólo se dejan caer en cada uno 500 gramos. Todos estos recipientes están dentro de una cuba atravesada por una corriente de agua fría y en el interior de cada uno de ellos hay un serpiente, recorrido también por una corriente de agua fría. Unas paletas de plomo, unidas á un eje que tiene un movimiento de rotación, agitan la mezcla y ayudan al buen éxito de la combinación. Terminada esta operación se deja caer el contenido de cada recipiente, abriendo una válvula situada en su fondo, en otro inferior lleno de agua; la nitroglicerina, en virtud de su mayor densidad, se deposita en el fondo. Para quitar al

producto así obtenido el exceso de ácidos que contiene, se procede á varios lavados con agua pura y agua que contenga bicarbonato de sosa, cal ó barita. Terminados éstos, se lava nuevamente la substancia obtenida con agua clara, y luego con alcohol, que tiene por objeto quitarle el exceso de aquélla.

La fórmula de la descomposición de la nitroglicerina es



El equivalente de la nitroglicerina es 227 gramos y su composición:

C.	159
H.	22
A z.	185
O.	634
	1000

1 kilogramo produce, á presión constante y tomando el agua líquida, es decir, tal como se halla al terminar la explosión, 1570 calorías, y á volumen constante 1579; el volumen de los gases es de 467 litros si el agua se considera líquida y de 712 litros si gaseosa. La presión teórica $\frac{18.939}{n}$ atmósferas.

La nitroglicerina produce á igualdad de peso $3\frac{1}{2}$ veces el volumen de gases permanentes que la pólvora ordinaria y á igualdad de volumen 6 veces dicha cantidad. Bajo el mismo volumen la nitroglicerina desarrolla una presión 10 ó 12 veces superior á la de la pólvora. Como en esta pólvora los efectos de disociación son bastante sensibles, no es tan rompedora como el cloruro de azoe, por ejemplo, porque su acción no es tan instantánea; resultando de aquí que á consecuencia de la fuerza que en los primeros momentos desarrolla produce el mismo efecto que las pólvoras rompedoras, pero como por otra parte la reacción no es instantánea, los efectos se propagan á distancia y llega á proyectar algunas partes de la materia. Este explosivo, por lo peligroso de su manejo, por sus propiedades fisiológicas y por la dificultad de los transportes, no se emplea en la guerra y muy poco en la industria.

Son una mezcla de nitroglicerina y un cuerpo que la absorbe. Las Dinamitas dinamitas pueden ser de base activa ó inerte, según que el cuerpo que

absorba la nitroglicerina sea ó no susceptible de descomponerse durante la explosión; en el primer caso la fuerza de los gases que produce se agrega á la de la nitroglicerina. Entre las dinamitas de base activa se hallan la dualina, el lithofractor, la pólvora Traulz, etc., en que luégo nos ocuparemos.

DINAMITAS DE BASE INERTE. Estas se clasifican generalmente en tres clases: las de primera clase contienen 75 por 100 de nitroglicerina, las de segunda 50 por 100, y las de tercera de 25 á 30 por 100. Las substancias absorbentes que pueden emplearse son el kieselghur, que es una sílice especial proveniente de la incineración de ciertas algas; el polvo de ladrillo, la sílice ordinaria, el trípoli, el kaolin, la ceniza, etc. Mr. Ibos fabrica una dinamita en que la materia inerte, llamada *randanita*, contiene 97 por 100 de sílice y 3 por 100 de óxidos metálicos. Las mejores substancias inertes son aquellas que pueden absorber mayor cantidad de nitroglicerina y presentan más dificultad á dejar escapar la que han absorbido, pues de este modo se obtienen dinamitas de mayor fuerza y menos peligrosas. Bajo este doble concepto, el kieselghur y la randanita reúnen muy buenas condiciones.

Propiedades de la dinamita.—El color de esta substancia es variable y depende de la materia inerte que entra en la mezcla. Su densidad es de 1,60 próximamente. Poniendo un cartucho de dinamita en contacto con un cuerpo incandescente, arde con lentitud y sin producir explosión. Lo mismo se verifica siempre que la temperatura de la dinamita se eleva lentamente y se halla en envolturas poco resistentes; pero si sucede lo contrario puede acontecer que se vayan acumulando los gases hasta alcanzar fuerza suficiente para romper la envoltura, y entonces estalla. La temperatura de explosión para la dinamita es de 180° próximamente. La dinamita se congela á una temperatura de 7° ú 8°; pero su congelación no es tan rápida como la de la nitroglicerina, por impedirlo el cuerpo absorbente. En cambio, para que vuelva á su estado primitivo, se necesita una temperatura de 11° á 12°. La dinamita sin congelar se llama *dinamita blanda*. La dinamita congelada resulta á veces muy sensible á las acciones mecánicas, y hay, por otra parte, el peligro de que los obreros, al tratar de deshelarla, cometan alguna imprudencia, por cuyas razones no conviene dejar que se hiele.

La dinamita, al congelarse aumenta de volumen, y este fenómeno le explica Mr. Boutiny diciendo, que la nitroglicerina, al solidificarse, se reúne alrededor de infinidad de centros de cristalización, de modo que, á pesar de la contracción del líquido, como las partículas de la materia absorbente se ven obligadas á separarse más de lo que antes lo estaban, la masa aumenta de volumen. Para que el choque produzca la explosión de la dinamita, es preciso que tenga lugar entre dos cuerpos duros; el de madera con hierro no la determina. Arrojando desde una altura de 30 metros y sobre un suelo de roca, un barril conteniendo 6 kilogramos de dinamita, no se obtiene la menor explosión. Un cartucho de dinamita disparado por un fusil de viento, y con una velocidad de 40 metros, no hace explosión, siempre que el cartucho metálico tenga más de un milímetro de espesor. Finalmente, la dinamita contenida en una caja de madera de 18 milímetros de espesor, ó en un cartucho de zinc, no se inflama por el choque de un proyectil disparado por un fusil Remington á 25 metros de distancia. De ahí se deduce que las cajas en que se transporta la dinamita han de ser de madera, y conviene, además, forrarlas de zinc cuando hayan de estar expuestas al fuego de fusilería. La electricidad obra sobre la dinamita como sobre la nitroglicerina, y únicamente puede inflamarla cuando se hace pasar por un cartucho de aquella substancia una serie de chispas producidas por la bobina Rhuimkoff.

El agua no disuelve la nitroglicerina, pero como este líquido es más denso que aquél, un cartucho de dinamita expuesto á la humedad va perdiendo poco á poco la nitroglicerina, que se acumula en el fondo y es reemplazada por el agua. Por esta razón, cuando la dinamita se ha de usar debajo de agua debe encerrarse en envolturas impermeables, á no ser que se le dé fuego inmediatamente después de colocada. No conviene tener la dinamita en parajes húmedos, pues la nitroglicerina puede exudar al ser desalojada por el agua, y quedando en libertad, al menor choque puede producir una explosión. La estabilidad química de la dinamita depende de la pureza de la nitroglicerina que contiene, pues si ésta tiene exceso de ácido, es fácil que se produzca una descomposición. En cuanto á los gases que produce la explosión, son los mismos que los resultantes de la detonación de la nitroglicerina, pues la substancia inerte no desempeña ningún papel en la descomposición que tiene lugar.

Preparación.—Se verifica colocando sobre una mesa de madera forrada de plomo ó sobre un mármol con reborde, cierta cantidad de materia absorbente, y luego se vierte poco á poco la nitroglicerina, que se amasa análogamente á como se hace con el pan, procurando que quede bien absorbida. La operación se termina comprimiendo la mezcla así obtenida con un rodillo de mano. Concluída la operación se lava la mesa con una legía de potasa, á fin de disolver las partículas de nitroglicerina que sobre ella hubiesen quedado y podrían producir un accidente.

Reconocimiento de la dinamita.—Para que una dinamita pueda admitirse como buena, hay que someterla á las siguientes pruebas:

1.^a *Neutralidad.*—Para cerciorarse de ella se vierten sobre el cartucho que se reconoce unas gotas de tintura azul de tornasol, ó se somete el papel de tornasol humedecido á la acción del explosivo. Para que éste resulte neutro es preciso que la tintura no cambie de color.

2.^a *Fuerza.*—En la dinamita que nos ocupa, es decir, de base inerte, depende del tanto por 100 de nitroglicerina. Aproximadamente puede determinarse pesando una pequeña porción de dinamita, quemándola luego sobre una plancha bien limpia y pesando el residuo; la diferencia entre ambos pesos puede tomarse por el que corresponde á la nitroglicerina.

Si se quiere operar con más exactitud se disuelven 10 gramos de dinamita en éter y la disolución se vierte en un filtro secado á 100° y cuyo peso se conoce. Se recoge el líquido filtrado y se lava varias veces con éter el filtro, recogiendo los productos filtrados hasta que algunas gotas espolvoreadas sobre una hoja de papel blanco no dejen rastro de la menor suciedad. Se evapora el éter del líquido filtrado, para lo cual se pone éste en una cápsula de platino seca y se somete á la temperatura de 30°, al baño-maría, y después se lleva á la campana de una máquina neumática, en la que se hace el vacío, colocando además en dicha campana cloruro de calcio anhidro que absorbe los últimos restos de éter ó de humedad.

Esta operación se continúa hasta que después de haber pesado dos ó tres veces el contenido de la cápsula resulte con peso constante. Se pesa el filtro con los residuos que han quedado en él y se han secado hasta que su peso ha resultado constante, y restando del peso total el del

filtro se obtiene el de las sustancias insolubles en el éter. Finalmente, se pesa la cápsula de platino con el líquido que contiene y restando de este peso el de aquella, la diferencia es el peso de la nitroglicerina contenida en los 10 gramos de dinamita. Sumando el peso así obtenido y el que antes se ha determinado para las materias contenidas en el filtro, deben obtenerse próximamente los 10 gramos; si no fuera así y resultara una cantidad mucho menor, esto probaría, ó que la operación no se había ejecutado bien ó que existían materias solubles en el éter, lo cual no suele acontecer en las dinamitas generalmente usadas.

3.^a *Estabilidad.*—Con respecto á las acciones mecánicas, es preciso que no estalle dejando caer desde 2 metros de altura sobre 1 decígramo de dinamita colocado encima de una tabla de madera dura y pulimentada, un martinete de hierro dulce de 1 kilógramo de peso. Respecto á la temperatura, es preciso que el explosivo resista durante diez minutos, por lo menos, la de 70° á 75° y que después no se descomponga de un modo violento y produciendo gran cantidad de vapores nitrosos. Para cerciorarse de que cumple con estas condiciones, se introduce en el fondo de un tubo de ensayo 1 gramo de explosivo y se tapa dicho tubo con un tapón de corcho, del cual pende una tira de papel de reactivo. Éste se prepara disolviendo 3 gramos de almidón blanco purificado y lavado en 265 gramos de agua destilada, agitando la mezcla, calentándola lentamente hasta que hierva y dejándola hervir moderadamente durante diez minutos. Enfriada ésta se la mezcla con una disolución de 1 gramo de yoduro potásico cristalizado en alcohol en 265 gramos de agua destilada. En el líquido que así resulta se bañan durante cuatro segundos tiras de papel de filtro blanco, que se lava y seca preliminarmente. Después de humedecidas se introducen en una campana de cristal que contiene cloruro de calcio anhidro. Una vez secas se cortan cintas de 20 centímetros de longitud y 1 de anchura, que se conservan en frascos de cristal esmerilados. Conviene emplear para el reconocimiento de los explosivos papel recientemente preparado. Antes de emplear estas cintas de papel se introducen hasta la cuarta parte de su longitud en una disolución muy diluída de glicerina en agua destilada.

Se suspende la tira, por la parte seca, de un gancho unido al tapón de corcho del tubo de prueba y se introduce éste en el baño-maría, pasán-

dolo por un agujero hecho en la tapadera de éste, al través de la cual pasan también un termómetro y un tubo recodado para la salida de los vapores. Se calienta el baño hasta que alcance una temperatura de 70° á 75°, empleando con este objeto una lámpara Argand, cuya llama se regula de modo que no se eleve la temperatura más de lo dicho. Se anotará el momento en que el termómetro marque 70° y aquél en que se observe en el papel un tinte parduzco igual al de la raya del que sirve para efectuar la comparación; entre ambos instantes deben transcurrir por lo menos diez minutos. El papel que sirve de término de comparación se prepara como sigue. Se hace una disolución acuosa de caramelo tal, que diluyéndola en 100 veces su peso de agua destilada, tome un color igual al licor de Nessler, compuesto de 0,000075 gramos de amoníaco y 0,00024 de cloruro amónico, disueltos en 1640 centímetros cúbicos de agua. Con una pluma de ave que se moja en la disolución antes indicada, se traza una serie de líneas paralelas en un papel de filtro blanco. Una vez secos estos papeles, se cortan en tiras de la misma dimensión que las cintas del papel de reactivo, y se conservan sólo las que presenten bien visible la línea parda trazada por la pluma y situada en cuanto sea posible en el centro de la longitud de la tira.

4.^a *Poder absorbente.*—Para que una dinamita pueda usarse sin peligro, es preciso que no deje escapar la nitroglicerina que contiene. Para determinar el poder absorbente de una dinamita se toman 100 gramos de ella y se comprimen moderadamente entre dos hojas de papel blanco, ó de pergamino, hasta que quede el explosivo reducido á una capa muy delgada y que presente gran superficie: en caso de que el explosivo no sea plástico se le desmenuzará entre las dos hojas de papel, á fin de obtener el mismo resultado anterior, es decir, una masa delgada y de gran superficie. Hecho esto se formará un cilindro, que durante veinticuatro horas se someterá á una fuerte presión entre dos capas de una materia blanda. Pasadas las veinticuatro horas se quita el papel que envuelve el explosivo y se mira al trasluz; si no presenta manchas de grasa, la dinamita puede admitirse como buena. En caso contrario, la nitroglicerina ha exudado y el explosivo es peligroso.

Inflamación.—La explosión de la dinamita blanda se obtiene: 1.^o —Por medio de cápsulas de fulminato de mercurio. Aunque se admite

que 0,5 gramos de fulminato bastan para dar fuego á una carga de dinamita, en las aplicaciones militares conviene que aquellas contengan 1 ó 2 gramos, pues así la explosión es más segura.—2.º—Por la explosión de una carga de dinamita en contacto, lo que da lugar á la confección de los cartuchos-cebos.—3.º—Por la explosión de una carga de pólvora ordinaria en contacto con la dinamita: este medio sólo debe emplearse cuando no exista otro, pues dista mucho de ser seguro.—4.º—Por medio de una explosión de dinamita á distancia. Para que este efecto tenga lugar á alguna distancia, es necesario que las cargas estén contenidas en envolturas de alguna resistencia. Una caja de zinc de 0^m,0005 de espesor y conteniendo 1 kilogramo de dinamita puede producir la explosión de otra de igual peso y contenida en una envoltura idéntica, siempre que la distancia entre ellas no sea superior á 0^m,90 y descansen ambas sobre un suelo duro. Si se aumentan las cargas, las distancias crecen en la relación $D = 0,90 P$.

Si las envolturas son poco resistentes, ó una de las dos cargas se halla al aire libre, ó el suelo no es duro, la distancia ha de ser mucho menor y muchas veces la explosión no tiene lugar. Cuando se introducen varios cartuchos de dinamita en un tubo metálico ó en una salchicha de tela y de modo que la distancia entre ellos sea inferior á 1 metro, la explosión de uno de los cartuchos puede producir la de los otros. Esta propiedad presenta ventajas cuando se quiere economizar cartuchos-cebos, pues basta emplear un tubo metálico ó una envoltura de tela, en cuyo interior se colocan diferentes cargas separadas, y dar fuego á una de ellas para que hagan explosión las demás, mientras de otro modo sería necesario un cebo por carga. En la voladura de puentes de madera ó metálicos este procedimiento puede tener aplicación y de ello nos ocuparemos oportunamente.

La dinamita congelada se inflama: 1.º—Deshelándola. Esta operación debe hacerse al baño-maría y empleando grandes precauciones, ó bien valiéndose de un doble recipiente. En el vaso interior se introducen los cartuchos de dinamita congelada, y en el espacio anular hay agua templada, cuya temperatura debe ser tal que pueda meterse la mano en ella sin sentir la menor molestia; sobre la tapadera se pone una materia poco conductora.—2.º—Aumentando la carga del fulmi-

nato empleado para obtener la explosión de la dinamita blanda. Los franceses dan este medio como seguro, pero los austriacos dicen que puede fallar.—3.º—Empleando cebos de pólvora Traulz. Este procedimiento da siempre buenos resultados, pero no es fácil tener á mano estos cebos especiales.—4.º—Empleando cartuchos-cebos de dinamita blanda. Este sistema es el más sencillo y realizable, y para evitar que la dinamita de los cartuchos que han de servir de cebos se congele, se llevan éstos en el bolsillo. Excusado es decir que la cápsula de fulminato no se debe introducir en dichos cartuchos hasta el momento de usarlos. La dinamita, comparada con la pólvora ordinaria, tiene la ventaja de su mayor fuerza, sobre todo á igualdad de volumen; no necesita atraque y no hace fácilmente explosión puesta en contacto con un cuerpo incandescente, lo cual es una gran ventaja bajo el punto de vista militar; finalmente, la humedad no es tan perjudicial á la dinamita como á la pólvora ordinaria. Comparada con el algodón-pólvora, la dinamita resulta muy favorecida bajo el punto de vista de la fuerza; pero en cambio el piróxilo es mucho más seguro, pues cuando se emplea húmedo, ni los proyectiles lo hacen estallar; además, tiene el algodón-pólvora comprimido y húmedo la gran ventaja de que la humedad no produce en él el menor efecto. El principal inconveniente del empleo del algodón-pólvora es que no se fabrica en todas las naciones y la dinamita sí, y esta consideración es, bajo el punto de vista militar, muy importante. Además, la dinamita, en su empleo en las minas, tiene sobre el algodón-pólvora la gran ventaja de no producir gases tan perjudiciales, pues ya hemos visto que la explosión de la nitroglicerina daba lugar á oxígeno libre.

DINAMITA NEGRA: Ésta, debida á Mr. Martel, es de base activa, y se compone de cok pulverizado, arena y nitroglicerina. Esta substancia no es tan potente como la dinamita inerte de primera clase, pues contiene menos cantidad de nitroglicerina; además, se ha observado que su empleo es muy peligroso, pues da lugar á frecuentes explosiones espontáneas, y, finalmente, los gases resultantes de la combustión son muy nocivos. Por todas estas razones la dinamita negra ha sido desechada.

LITHOFRACTOR. Esta pólvora es una mezcla, en proporciones muy variables, de nitroglicerina, sílice y pólvora ordinaria de combustión lenta. Las substancias mezcladas á la nitroglicerina la absorben perfecta-

mente, y bajo este punto de vista nada deja que desear este agente explosivo. Es también muy inerte á los choques, pues se ha visto que arrojando desde una gran altura y sobre un suelo de roca cajones llenos de lithofractor, no se obtenía la más pequeña explosión. Sin embargo, no presenta ninguna ventaja sobre la dinamita de base inerte, pues se congela á la misma temperatura, y precisamente esto es lo que se deseaba evitar. Además, el salitre, que entra en la pólvora ordinaria, hace que esta substancia sea muy higrométrica; á igualdad de volumen produce efectos muy inferiores á los de la dinamita ordinaria que contenga igual cantidad de nitroglicerina, y da lugar á gases tan nocivos que en unas experiencias hechas en Prusia quedaron asfixiados tres minadores al penetrar en una galería en que el lithofractor había hecho explosión. Tampoco esta pólvora evita uno de los inconvenientes de la dinamita, que es el efecto tóxico que produce la nitroglicerina que entra en la mezcla. La explosión de esta pólvora se obtiene por medio de cápsulas de fulminato de mercurio. Presenta sobre la dinamita la ventaja de ser una substancia pastosa, lo que explica que los choques tengan sobre ella menos acción.

DUALINA. Es una mezcla de 50 partes de nitroglicerina, 30 de serrín, tratado por el ácido nítrico, y 20 de nitrato de potasa. Esta pólvora es muy insensible á los choques y tampoco se inflama poniéndola en contacto con un cuerpo incandescente, pero no parece que presente tanta estabilidad como la dinamita, y es, por lo tanto, más peligrosa. Además, la presencia del nitrato de potasa la hace muy higrométrica, y á igualdad de volumen tiene menor fuerza que la dinamita 1.^a de base inerte.

PÓLVORA TERNARIA. Es una variedad de la anterior, en la que el serrín se halla reemplazado por la celulosa, y aunque de mayor fuerza que la dualina, tiene los demás inconvenientes ya citados, y no presenta ventajas sobre la dinamita ordinaria.

DINAMITA MAGNESIANA. La substancia absorbente es el carbonato de magnesia, que puede admitir hasta 85 por 100 de nitroglicerina. La mezcla que da mejores resultados es la que contiene 70 por 100, y si la proporción es inferior á un 60 por 100 se necesitan cebos con mayor cantidad de fulminato que los empleados con la dinamita ordinaria. Según

Mr. Cavalier, farmacéutico de la marina francesa, esta pólvora reúne las siguientes circunstancias:

- 1.^a Un poder absorbente considerable.
- 2.^a Facultad de asegurar la neutralidad de la nitroglicerina cuando hay desprendimiento de ácidos.
- 3.^a Gran insensibilidad con relación á los choques, humedad, luz, calor, electricidad, etc.

Gelatina
explosiva.

Es el resultado de disolver el algodón-colodión, ó sea la binitrocelulosa, en nitroglicerina; añadiéndole una pequeña cantidad de alcanfor, se obtiene la *gelatina explosiva alcanforada*, cuyo aspecto es igual al de la anterior, de la cual sólo se diferencia por el olor á alcanfor y por ser algo más traslúcida.

La gelatina explosiva pura suele componerse de 93 partes de nitroglicerina y 7 de colodión; la alcanforada, de 88 á 90 de nitroglicerina, 7 ó 6 de colodión y 5 ó 4 de alcanfor.

Para fabricar este compuesto se introduce nitroglicerina en un recipiente, se eleva la temperatura á los 50° en el baño-maría, se deja luego enfriar hasta los 35° y manteniendo constante esta temperatura, se añade poco á poco el colodión, agitando siempre la mezcla hasta que se obtenga una masa pastosa y homogénea; después se va echando poco á poco el alcanfor. Los cilindros de gelatina que han de formar los cartuchos se colocan sobre una red de cobre de hilos muy finos, que se sumerge en un baño de parafina líquida y en caliente se envuelve en papel parafinado, y después de haber cerrado los cartuchos, se vuelven á introducir en el baño de parafina.

Hay otras sustancias explosivas de composición parecida á la gelatina, como son la *goma explosiva*, que contiene 6 partes de colodión, 74 de nitroglicerina, 15 de nitrato de sosa y el resto substancia inerte, y la *dinamita gelatina* que contiene 55 partes de nitroglicerina, 5 de colodión, 29 de nitrato y el resto substancia inerte. Estas pólvoras son principalmente para usos industriales y mucho menos potentes que la gelatina explosiva; ésta, con la adición de alcanfor, es muy propia para los usos militares, tanto por el menor peligro que ofrece su manejo, como por su potencia.

La densidad de la gelatina explosiva alcanforada es 1,60 y se pre-

senta bajo una forma pastosa de color amarillento y traslúcida. Puede sujetarse á presiones considerables, sin que se desprenda la menor cantidad de nitroglicerina. Á la temperatura de 50° se reblandece, pero no por esto pierde la menor cantidad de nitroglicerina. Calentando rápidamente la gelatina, detona á los 240°; pero si contiene 4 por 100 de alcanfor, calentada lentamente, no detona, sino que se funde, y si se eleva rápidamente la temperatura, sólo hace explosión cuando aquélla es superior á 300°. Esto indica que el alcanfor es lo que le da al agente explosivo la insensibilidad de que goza. En contacto con un cuerpo incandescente, la gelatina explosiva alcanforada arde con lentitud y sin hacer explosión. Esta substancia se congela á una temperatura mucho más baja que la dinamita y se deshíela con mayor rapidez y sin exudar nitroglicerina. Congelada es más sensible á la acción de los choques que en estado pastoso. En aquel estado, un choque cuyo trabajo esté representado por 13,5 kilogrametros, no produce explosión. Sin congelar no detona ni se inflama cuando recibe el choque de un proyectil de arma portátil, cualesquiera que sean las circunstancias en que se verifique; congelada y apoyada sobre una placa de hierro, detona al ser chocada por la bala. Esta insensibilidad disminuye reduciendo á 1 por 100 la proporción de alcanfor, lo que indica que á este cuerpo es debida aquella propiedad. En cuanto á la acción que sobre ella ejercen las explosiones próximas, es mucho menor que en la dinamita. La experiencia parece haber demostrado que los carruajes cargados con gelatina explosiva alcanforada pueden también llevar aparte y en cajas blindadas los cebos, sin que el choque de una bala produzca la explosión, aun cuando estalle uno de aquellos. En cuanto á la estabilidad de esta substancia, parece ser algo menor que la de la dinamita, pues se ha observado que sometida á la temperatura de 70° por espacio de siete días, empieza á desprender vapores nitrosos al fin del séptimo, mientras la dinamita lo hace al fin del octavo. En cuanto á la evaporación del alcanfor, que es sumamente volátil, se ha observado que no tenía lugar ni aun á la temperatura de 45°, lo que se cree debido al estado gelatinoso del compuesto explosivo. El agua altera la capa exterior que pierde la nitroglicerina y el alcanfor, y se transforma en una película de colodión que protege el resto de la masa, así es que, bajo este punto de vista, esta substancia presenta las mismas ventajas que el algodón-pólvora.

La gelatina explosiva necesita cebos especiales; las cápsulas de fulminato de mercurio empleadas para la inflamación de la dinamita no bastan, y las experiencias ejecutadas con esta pólvora han demostrado la dificultad de inflamarla y han hecho ver además que cuando lo efectúa, produce menores efectos que la dinamita, debido sin duda á que la cantidad de fulminato empleado no basta para producir una explosión de primer orden. En Italia, en donde esta pólvora se ha adoptado como reglamentaria, la explosión se obtiene por medio de un cartucho que contiene 30 gramos de algodón-pólvora seco y se inflama á su vez por medio de una cápsula con 1 gramo de fulminato; este cartucho basta también para la inflamación de la gelatina congelada. En nuestro concepto, la necesidad de emplear estos cebos es un grave inconveniente, pues aumenta el coste y complica la manipulación, y mientras no sea posible obtener las explosiones de esta substancia por procedimientos más sencillos, no nos parece práctico adoptarla en la guerra, aun cuando su fuerza sea superior á la de la dinamita. En Suiza, después de varias experiencias hechas con este agente explosivo, no ha sido adoptado, pues se ha visto que sus efectos eran muy inciertos, debido, sin duda, á la poca potencia de los cebos. Comparando la gelatina con la dinamita

núm. 1, se ve que mientras la presión teórica de ésta es de $\frac{14759}{n}$,

la de aquélla (formada por 92 por 100 de nitroglicerina y 8 de colodión) es de $\frac{19220}{n}$, es decir, que las fuerzas de ambas pólvoras están en la rela-

ción de $\frac{19}{14}$; según las experiencias de Hess, esta relación es de $\frac{78}{56}$, casi

igual á la anterior; en efecto, $\frac{19}{14} = \frac{76}{56}$. De las experiencias verifica-

das parece deducirse que, á igualdad de peso, esta pólvora tiene una fuerza superior en un 25 por 100 á la dinamita de primera y al algodón pólvora con un 15 por 100 de agua; pero todavía no está bastante conocida para que este dato pueda reputarse exacto.

La gelatina explosiva suele contenerse en cartuchos de 3 centímetros de diámetro y 10 de longitud, que pesan 100 gramos. La envoltura es de papel común, que se sumerge en un baño compuesto de

Parafina	20 partes.
Sebo purificado.	30 »
Resina.	60 »

Para poder emplear sin temor la gelatina explosiva es preciso someterla á las siguientes pruebas:

1.^a Se la disuelve en un baño de éter alcohólico y agua destilada y se introduce papel de tornasól: si no cambia de color, la gelatina es neutra y puede pasarse á otra prueba.

2.^a Ésta consiste en introducir el explosivo en un tubo de ensayo, de cuyo tapón se suspende una tira de papel preparado con una disolución de yoduro potásico, almidón y glicerina; el tubo se sumerge en un baño de agua caliente, cuya temperatura se conserva á 60° durante trece minutos. Si el papel no se ennegrece, la gelatina es estable.

3.^a Se somete la gelatina á una fuerte presión y luego se observa su superficie con una lente, y si no se nota la menor traza de haber rezumado nitroglicerina, puede admitirse desde luego el explosivo.

Además de las nitrocelulosas y nitroglicerinas existen otra multitud de agentes explosivos, que se obtienen bien sea combinando éstas con otras materias inertes ó no, bien sea substituyéndolas por otros cuerpos azoados que se combinan con oxidantes más ó menos enérgicos y substancias inertes. Á continuación damos á conocer algunos de estos explosivos.

Se obtiene disolviendo una parte de almidón de patatas en ocho de ácido nítrico fumante y echando después en la disolución dieciseis partes de ácido sulfúrico concentrado. El precipitado obtenido se filtra, lava y se trata por una disolución hirviendo de carbonato de sosa; después se deja secar. Se obtiene un polvo blanco que explota fácilmente.

Almidón
nitrado.

Composición:

Nitroglucosa (nitrato de glucosa)	10
Nitrato de amoniaco.	80
Clorato de potasa.	5
Coaltar (alquitrán procedente de la hulla)	5

Amonia.

Detona por medio de una cápsula que contenga 0,65 gramos de fulminato de mercurio.

Explosivo
Favier.

Se forma mezclando la naftalina mononitrada con nitratos de amoniaco y sosa y sólo con el primero. Los ingredientes se mezclan en morteros y la pasta resultante se introduce en moldes calientes que se sujetan á una presión de 300 atmósferas.

Los cartuchos son de varios tamaños; pesan 55,75 ó 105 gramos y tienen en el centro un hueco que contiene una mezcla de algodón-pólvora, ácido pícrico pulverizado, y clorato de potasa.

A esta mezcla, que sirve de cebo, se le da fuego por medio de una cápsula que contiene 1 á 2 gramos de fulminato de mercurio. Esta pólvora es higrométrica y por consiguiente conviene guardarla en cartuchos de pergamino vegetal parafinado. Estos explosivos producen mucho vapor de agua, por lo cual absorben gran parte del calor desarrollado por la explosión y son á propósito para las minas en donde se desarrolla el *grisú*, son insensibles á los choques y al calor, no se congelan y la llama no les hace explotar.

Explosivos
Walemberg

Se obtienen mezclando los hidrocarburos nitrados con clorato de potasa y nitrato de amoniaco en las siguientes proporciones:

	A.	B.
Hidrocarburo nitrado.	10	30
Clorato de potasa.	5	80
Nitrato de amoniaco.	1	90

Glucodina.

Es un líquido que se obtiene tratando por el ácido nítrico una disolución saturada de azucar de caña en la glicerina. Combinada con otros elementos da lugar á dos clases de pólvoras, cuya composición es la siguiente:

	Blanca.	Negra.
Glucodina.	36,40	34,24
Azucar cristalizada en polvo.	8,40	8,76
Nitrato de sosa.	31,20	37,84
Nitrocelulosa.	23,36	»
Mezcla de nitrocelulosa y carbón vegetal.	»	19,31

Grakrut.

Pólvora de color gris y de las llamadas sin humo; su composición es desconocida.

Binitrobencina cloratada..	10	Roburita
Nitrato de amoniaco.	90	

El cloro sirve para quitar á este explosivo las propiedades higrométricas. La roburita es menos potente que la dinamita, da poca llama, es insensible á los choques y no explota al aire libre.

Es una mezcla de nitrato de amoniaco con hidrocarburos nitratados. Securita
Una de las composiciones recomendadas por la comisión francesa es igual á la de la roburita, sólo que la binitrobencina no esté cloratada.

Se debe á Lamm, que la inventó en 1886, y se fabrica cerca de Belita.
Stockholm. Su composicion es:

	<u>Núm. 1.</u>	<u>Núm. 2.</u>
Binitrobencina..	15	34
Nitrato de amoniaco..	85	66

El nitrato de amoniaco puede substituirse por el salitre.

Este explosivo se obtiene calentando la binitrobencina al baño-maría hasta que se funda; entonces se le mezcla con el otro ingrediente. Hecha la mezcla y mientras se conserva pastosa se la echa en los moldes, y una vez solidificada se envuelve en papel parafinado.

Según las experiencias de Chadwell esta pólvora tiene la misma potencia que la dinamita; pero no sus inconvenientes. En un fusil cargado con pólvora se introdujo un cartucho de belita; se disparó contra una coraza; el cartucho se aplastó, pero no explotó. Cuando hace explosión en contacto con un cuerpo resistente, produce más bien desgarramientos que rupturas. Da muy poca llama.

No detona ni por el choque, ni por razamientos, ni por la chispa eléctrica. Arrojada al fuego arde lentamente. Detona por medio de cápsulas fulminantes y según parece no da gases deletéreos. Si reune, en efecto, estas condiciones, no cabe duda de que es preferible á la dinamita.

La inventó en 1867 Mr. Federico Abel; se compone de

Nitroglicerina.	65,50
Algodón-pólvora en pasta.	30,00
Salitre.	3,50
Carbonato de sosa.	1,00

Abelita..

En Austria se ha empleado para cebos, reduciendo la nitroglicerina á 25 por 100.

Amonio gelatina.	Nitroglicerina.	37,50
	Nitrocelulosa.	2,50
	Nitrato de amoniaco.	55,00
	Carbón vegetal.	5,00

Es de color negro, menos pastosa que la dinamita y difícil de conservar.

Pólvora
Atlas.

Hay varios tipos, de los cuales el más poderoso es el siguiente:

Nitroglicerina.	75
Nitrato de sosa.	2
Celulosa de madera.	21
Carbonato de magnesia.	2

En los demás tipos la proporción de nitroglicerina va decreciendo de 15 en 15 por 100.

Balistita y
cordita.

Es de reciente invención y debida á Nobel. Se compone de 50 partes de nitroglicerina y 50 de binitrocelulosa reducida á pasta por la mace-
ración en el éter acético. Después de mezclados los ingredientes se da color á la pasta por medio de la anilina y se añade una pequeña canti-
dad de alcanfor. Cuando á consecuencia de la evaporación del éter la pasta va adquiriendo consistencia, se reduce á hojas por medio de un laminador y después se cortan fajas, ó se forman cubos ó granos.

La cordita difiere de la balistita en emplear la trinitrocelulosa di-
suelta en el éter acético, á cuya disolución se le añade tanino. La cordi-
ta se obtiene en forma de hilos parecidos á cuerdas de violín.

Ambas pólvoras pertenecen á la clase de las llamadas sin humo y se emplean en las armas de fuego; pero no hay inconveniente en usarlas también en las minas. La balistita parece tener la gran ventaja de no ser atacada por la humedad. La temperatura de inflamación es de 180° y la densidad absoluta 1,63. La fabricación no resulta hasta ahora peligrosa.

Machacando granos de balistita sobre hierro, se reducen á hojas del-
gadas que luego detonan, pero la detonación se limita á las partes que han recibido el choque. Esta pólvora, sujeta por algunas horas á la tem-
peratura de 55°, se altera porque la nitroglicerina exuda. Parece que

los metales y especialmente el zinc la atacan y por consiguiente no puede guardarse en cápsulas metálicas. Bajo la influencia del fulminato de mercurio obra próximamente como la gelatina explosiva y puede servir por tanto para la ruptura de objetos resistentes. Como pólvora de guerra para emplearla en las armas de fuego, no es peligrosa si la densidad de carga es inferior á 0,5.

Nitroglicerina.	90	Carbo- dinamita.
Corcho carbonizado.	10	
Carbonato de sosa ó de amoniaco.	1,50	

Según sus inventores, la nitroglicerina no exuda nunca en esta pólvora.

Nitroglicerina.	25	Carbonita.
Sulfobencina.	0,5	
Serrin.	75	
Nitrato de sosa ó potasa.	34	
Carbonato de sosa.	0,5	

La nitroglicerina debe emplearse muy pura; el serrin y los nitratos y carbonatos se pulverizan y mezclan, y después se les amasa con la nitroglicerina. Esta pólvora no deja exudar la menor cantidad de nitroglicerina.

Nitrocelulosa en polvo ó nitrodextrina.	10	Explosivo Dean.
Agua.	3	
Nitroglicerina.	100	

La dextrina se obtiene humedeciendo el almidón en $\frac{1}{3}$ de su peso de ácido nítrico; se deja secar al aire libre y se calienta hasta 115°.

	Núm. 1.	Núm. 2.	
Nitroglicerina.	44	55	Dinamita atlante.
Nitrocelulosa.	18	28	
Papel nitrado.	5	10	
Almidón nitrado.	16	20	
Nitromanita.	1	1	
Vidrio soluble.	1	1	

Los cartuchos tienen un agujero en el centro, en el cual se adapta una mecha de algodón-pólvora impregnada en clorato de potasa y ferrocianuro de plomo. Á esta mezcla se le da fuego por medio de la salchicha Bickford. Este explosivo no se congela.

		Núm. 1.	Núm. 2.
Dinamita Bursten- bürder.	Nitroglicerina.	20	60
	Celulosa, yesca ó médula de sauco.	80	40

Se prepara en forma de granos; no se congela ni exuda.

		Núm. 1.	Num. 2.
Dinamita de Colonia	Nitroglicerina..	30	35
	Pólvora de mina.	70	65

Este explosivo se descompone fácilmente porque se separa la nitroglicerina.

		Núm. 1.	Núm. 2.	Núm. 3.	Especial.
Dinamitas de Vonges.	Nitroglicerina..	75	50	30	90
	Randanita.	20,80	»	»	1
	Sílice de Vierzon.	3,80	48	»	»
	Subcarbonato de magnesia..	0,40	»	»	1
	Yeso de Meudon..	»	1,50	»	»
	Ocre rojo.	»	0,50	»	»
	Sílice de Launois.	»	»	60	»
	Carbonato de cal.	»	»	1	»
	Ocre amarillo..	»	»	5	»
Escorias pulverizadas, sílice especial.	»	»	4	8	

Dinamita para paja ó paleina. Se compone de 30 á 50 por 100 de nitroglicerina; el resto de fulmi-paja. Esta se prepara con paja de avena triturada, que se somete á las mismas operaciones que el algodón. Retiene muy bien la nitroglicerina; es poco sensible á los choques y muy enérgica. Los cartuchos son parecidos á los de algodón-pólvora y tienen una canal en el eje.

Dinamita para las minas de carbón. Se compone de 60 por 100 de dinamita ordinaria y 40 por 100 de carbonato de sosa; éste tiene por objeto la producción de vapores acuosos que disminuyen las llamas y el poder calorífico, por cuya razón es

conveniente en la explotación de minas en que se produzcan gases inflamables.

Con objeto de evitar la inflamación de estos gases se han hecho varias experiencias, cuyo objeto ha sido determinar las pólvoras menos peligrosas en la explotación de las minas de carbón. La comisión francesa, presidida por Mr. Mallard, recomienda los siguientes explosivos:

- 1.º Una mezcla de 20 partes de dinamita y 80 de nitrato de amoníaco.
- 2.º Idem de 15 id. de algodón-pólvora y 85 id. id.
- 3.º Idem de 9,15 id. de mononitronaftalina y 90,85 id. id.
- 4.º Idem de 20 partes de nitrato cuproamoniacal y 80 id. id.
- 5.º La belita.

Esta última es más enérgica que las demás.

Se forman mezclando hidrocarburos sulfurados á cuerpos comburentes, como nitratos, cloratos, etc. Uno de estos explosivos se compone de Explosivos
Bichel.

Aceite de trementina.	3
Nitroglicerina.	10

Esta mezcla, absorbida por la sílice, produce una dinamita menos rompedora y sensible á los choques que la ordinaria.

Estos explosivos tienen el inconveniente de secarse al contacto del aire, y esta acción va creciendo rápidamente y produce elevación de temperatura, que puede dar lugar á una explosión espontánea.

Nitroglicerina.	20
Carbón en polvo.	5
Nitrato de amoníaco.	56,25
Sulfato de sosa.	18,75

Explosivo
Fowler.

Es una dinamita, cuya substancia absorbente la forman

Cenizas.	0,2
Negro de humo.	2
Tierra silíceas.	0,2
Nitrato de sosa.	0,2
Borax.	0,2

Explosivo
Monakay.

Un kilogramo de esta mezcla se agita en 0,157 litros de petróleo refinado, que atenúa la sensibilidad de la nitroglicerina y aumenta la cantidad de gases. La proporción de nitroglicerina depende de la fuerza que se quiera dar al explosivo.

Forcita. Se compone de nitroglicerina, nitrocelulosa y un cuerpo absorbente, que para dosis de la primera de dichas substancias, superiores al 30 por 100, puede ser una mezcla de nitrato de sosa ó potasa y serrín.

Fortis. Es una dinamita cuyos absorbentes son: negro de humo, azufre y nuez de agalla, que se embeben en una disolución de nitrato de potasa y sulfato de hierro.

		Núm. 1.	Núm. 2.
Fulgurita.	Nitroglicerina.	60	90
	Harina de trigo y magnesia.. . . .	40	10

El tipo núm. 2 es líquido.

Geligrita.	Nitroglicerina..	56,50
	Binitrocelulosa.	3,50
	Serrín muy fino purificado.. . . .	8
	Nitrato de potasa.	32

Empleada en las minas submarinas produce casi igual efecto que la dinamita núm. 1.

Pólvora gigante.	Nitroglicerina.	36
	Nitrato de sosa ó amoniaco.	48
	Azufre.	8
	Resina y carbón.	8

Es muy higrométrica y su efecto inferior al de la dinamita.

Pólvora Hércules. Es una mezcla de nitroglicerina, nitrato de potasa ó sosa, carbonato de magnesia, azúcar blanco, celulosa y clorato de potasa. Es muy higrométrica y sus efectos poco superiores á los de la dinamita núm. 1.

Explosivo Hudson. Su autor se ha propuesto obtener una pólvora de gran potencia y que pueda fabricarse y manipularse con toda seguridad, sirviendo para la carga interior de las granadas. Con este objeto disuelve el algodón-pólvora binitratado en el éter acético ó en una mezcla de éter sulfúrico

y alcohol en cantidades suficientes para que aquél quede disuelto por completo. A la pasta así obtenida se le agrega en pequeñas porciones nitroglicerina; se hace evaporar el disolvente y se comprime la pasta.

Nitroglicerina.	20	Cadmita.
Nitrato de sosa.	56	
Azufre.	10	
Carbón.	7	
Serrín muy fino y purificado.	7	

Se mezclan los cuerpos sólidos reduciéndolos antes á polvo muy fino; después se les amasa con la nitroglicerina y se conserva la pasta en cartuchos impermeables y herméticamente cerrados.

Serrin.	8	Lithotrita.
Nitrato de potasa.	50	
Nitrato de sosa.	16	
Azufre destilado.	18	
Carbón vegetal.	1,50	
Ferrocianuro potásico.	3	
Carbonato de amoniac.	3,50	

Es una pólvora muy lenta y económica.

Se supone que es un compuesto de gelatina explosiva y sulfato ó hidrocloreto amónico. Se emplea para cargas en las armas de pequeño calibre y en las granadas explosivas. Parece que en éstas el efecto es muy superior al de la dinamita, así como tambien que es muy inerte con respecto á la acción de los choques y al calor. Las experiencias hechas en Austria con esta pólvora permanecen por ahora muy secretas.

Nitroglicerina.	55	Nitrogelatina
Nitrato de amoniac.	35	amoniaca.
Colodión.	2	
Dextrina.	3	
Carbón vegetal.	5	

Se disuelve á la temperatura ordinaria la dextrina en la nitroglicerina, después se añade el colodión, luego el nitrato de amoniac y final-

mente el carbón. Este explosivo necesita cebos iguales á los empleados para la gelatina.

		Núm. 1.	Núm. 2.
Titanita.	Nitroglicerina.	48	40
	Materia leñosa.	16	10
	Nitrato de potasa.	34	20
	Nitrato de sosa.	»	20
	Azufre.	2	»
	Carbón vegetal.	»	10
Roudrock.	Es una composición en que entran en proporciones variables la nitroglicerina, el nitrato de potasa, el azufre, la celulosa de madera, la parafina, la resina y el carbón.		
Rexita.	Es una mezcla de nitroglicerina con nitrato de sosa y materias leñosas.		
Sebastina.	Nitroglicerina.		50
	Nitrocelulosa.		10
	Carbón.		15
	Nitrato, clorato ó picrato de potasa. . .		10
	Bicarbonato de sosa.		3
	Peróxido de plomo.		10
	Dextrina ó parafina.		2
Vigorita.	Se compone de nitroglicerina, nitrato de potasa ó sosa, clorato de potasa, creta, harina nitrificada.		
¹ Explosivos Sprengel.	Los hay de dos clases. Unas se forman mezclando el ácido nítrico con hidrocarburos nitratados, tales como la nitrobencina y la nitronaftalina. Estos se llaman explosivos ácidos; entre ellos están la panclastita y la hellhofita.		
¹ Panclastita	Es un explosivo muy enérgico cuya base la forma el ácido hiponítrico. Éste puede combinarse con otros cuerpos á los cuales oxida al producirse la explosión; pero uno de los que dan productos más estables es la nitrobencina.		

Algunas de estas pólvoras resisten perfectamente la acción de los choques; así, mientras que la pólvora ordinaria estalla por el choque debido á un peso de hierro de 6 kilogramos cayendo desde 0^m,50 de altu-

ra, el algodón-pólvora, cuando ésta es de 0^m,25, y la dinamita con 75 por 100 de nitroglicerina, cuando es de 0^m,15; la panclastita líquida no estalla aun cuando el peso caiga desde una altura de 4 metros.

Algunas panclastitas sometidas al fuego no se inflaman, y otras se inflaman, pero sin detonar, cuando están en vasos abiertos, ardiendo tranquilamente al aire libre. Otras dan una llama de gran potencia luminosa, que Mr. Turpin, inventor de esta pólvora, ha utilizado para las señales ópticas nocturnas. Los líquidos que forman la panclastita llegan, por conductos separados, á un mechero situado en el punto de encuentro de aquellos, en el que sufren una pulverización. Según Mr. Turpin, la luz así producida puede rivalizar con la eléctrica. Esta misma mezcla puede tambien aprovecharse para la fotografía nocturna, empleando dos focos luminosos situados delante del objeto que se va á fotografiar. El más intenso da la luz y el otro atenúa la dureza de las sombras.

La temperatura que se obtiene durante la combustión de esta substancia es de 3000° centígrados próximamente; el platino se funde y el grafito experimenta un principio de fusión.

La fuerza y sensibilidad de la panclastita varían con la naturaleza y proporciones de los cuerpos mezclados. La segunda puede llegar á ser tal, que un vaso herméticamente cerrado y lleno de esta substancia estalle al caer sobre un suelo desde una altura de 1 á 2 metros. En cambio otras panclastitas no detonan ni aun con cebos que contengan 3 gramos de fulminato de mercurio, que es el cuerpo empleado para cebar estas pólvoras.

La panclastita puede ser absorbida por un cuerpo poroso, activo ó inerte, y en este caso es aún menos sensible á la acción del choque.

Las experiencias comparativas entre la panclastita y la dinamita de primera clase, han demostrado que empleando cargas de aquella iguales á la mitad de las de ésta, los efectos eran muy superiores. Todas las experiencias se han hecho con panclastita líquida, pero como para los usos de la guerra es preferible emplear pólvoras en estado sólido, más fáciles de transportar, fuera conveniente comparar los efectos de las dinamitas formadas con la nitroglicerina, con las dinamitas constituídas con la panclastita. Creemos, pues, que la panclastita merece llamar la atención de los militares.

Otra clase de panclastitas es la *helofita*, que se compone de una disolución de productos orgánicos nitrificados en el ácido nítrico fumante; una de las sustancias que pueden emplearse es la binitrobencina. Esta pólvora tiene una potencia superior á la de la nitroglicena; no detona bajo la acción del fuego, ni de una percusión violenta, ni encerrada, ni al aire libre; puede, pues, transportarse sin cuidado. Este agente explosivo tiene el inconveniente de ser líquido y tan volátil que hay que llevarlo en vasos herméticamente cerrados. Por otra parte, el ácido nítrico fumante es sumamente corrosivo y ataca los recipientes que le encierran. Finalmente, cuando se mezcla con el agua deja de ser explosiva, lo que la inutiliza para emplearla en las defensas submarinas.

Otra clase de explosivos Sprengel se forma mezclando el clorato de potasa, oxidante energético, con un cuerpo combustible.

Racka-rock
Romita.

Pertenecen á esta clase el *Racka-rock* y la *Romita*.

El primero se compone de clorato de potasa, aceite, nitrobencina ó trementina, en la forma siguiente:

Clorato de potasa.	7,50	4 á 5	8,33
Aceite mineral.	1	0,50	»
Nitrobencina.	»	0,50	»
Trementina.	»	»	1

Los cuerpos sólidos se introducen en los líquidos 5'' á 6'' antes de la explosión. El *racka-rock* estalla por medio de una cápsula que contenga 1,50 gramos de fulminato de mercurio; tiene una potencia algo superior á la dinamita núm. 1 y su manipulación y transporte son más seguros.

La *romita* se compone de clorato de potasa, nitrato de amoniaco, parafina y naftalina. Al aire libre no estalla; para lograrlo hay que emplearla en cámaras de mina ó en el interior de las granadas. Es insensible á los choques y arde sin explotar. Para emplear la *romita* se muele el nitrato de amoniaco impregnado en parafina y naftalina fundidas, y separadamente se pulveriza el clorato mezclado con brea para hacerlo menos peligroso. Los dos elementos se conservan separados y no se mezclan hasta el momento de emplearlos.

: Explosivo
Sjöberg.

Es una mezcla de clorato de potasa y nitrato de amoniaco impregnados de naftalina y parafina con uno ó varios hidrocarburos líquidos.

Reune poco más ó menos las condiciones de la romita y demás explosivos Sprengel.

Clorato de potasa.	2
Sulfuro de carbono.	1

Explosivo
Parone.

Se ha experimentado en Italia para cargar las granadas. Sus efectos no parecen muy superiores á los de la pólvora ordinaria.

Los explosivos líquidos no son aplicables á la guerra por la dificultad de los transportes. Por otra parte, la manipulación de los líquidos es engorrosa, y si, como en las panclastitas, hay que mezclarlos en el momento de su empleo, la complicación aumenta. En cambio en las empresas industriales, en las que á veces pueden fabricarse los explosivos al pié de obra y manipularse sin precipitación y en condiciones adecuadas, pueden tener buena aplicación.

Dadas estas ideas acerca de los principales explosivos, vamos á indicar las reglas que deben tenerse presentes para su conservación, manejo y transporte, reglas tomadas principalmente de la legislación austriaca, que nos parece muy completa, y referentes principalmente á las dinamitas, gelatinas y algodón-pólvora. Fábricas de explosivos.

Los edificios destinados á la fabricación deben agruparse como sigue: primer grupo, preparación de los elementos que entran en el explosivo; segundo grupo, confección del explosivo; tercer grupo, confección de cartuchos y embalaje; cuarto grupo, almacenes; quinto grupo, habitaciones para los empleados. Entre el primero y segundo grupo de edificios, y entre éste y el tercero, ha de haber por lo menos 50 metros de distancia; las agrupaciones cuarta y quinta han de distar, como mínimo, 200 metros de las anteriores. Los almacenes deben hallarse á 100 metros unos de otros cuando contienen menos de 2000 kilogramos y á 200 metros si contienen más. El contenido máximo debe ser de 10.000 kilogramos. Las fábricas de explosivos deben distar por lo menos 500 metros de todo objeto que no esté expuesto á grave peligro si sobreviene una explosión, y á 1000 metros en caso contrario.

En la construcción se emplearán sólo maderas ligeras y para la cubierta cartón embreado; la piedra se empleará únicamente en los cimientos, y piezas metálicas las indispensables para efectuar el cierre de los

vanos y para los pararrayos. Los enlucidos deben ser de color claro. En los locales para la confección de cartuchos sólo deben haber dos ó tres obreros.

Los edificios del primero y segundo grupo, por lo menos, se rodearán de un parapeto de tierra cuya cresta quede á la misma altura que la hilera de aquellos ó se situarán en una hondonada que cumpla con esta condición. La parte superior del parapeto debe tener 1 metro de espesor; los taludes se cubrirán con césped y el pié del interior debe quedar, por lo menos, á 1 metro de las paredes de los edificios. Los edificios destinados á las operaciones preparatorias deben hallarse separados por parapetos que reunan iguales condiciones. Los suelos de las habitaciones destinadas á la fabricación de explosivos no deben tener intersticios y no pueden emplearse en ellos ni la piedra, ni el hierro. Si el explosivo es líquido, se cubrirán con una alfombra de cautchuc ó gutapercha, ó con una capa de kieselghur. Las alfombras se limpian ó renuevan cuando se vierte líquido sobre ellas.

La elevación de temperatura necesaria para la confección de explosivos se obtendrá por medio del agua caliente y los generadores de calor se establecerán al exterior de los parapetos.

La luz se obtendrá por linternas situadas al exterior de los vanos. Durante la noche sólo podrá penetrar el ingeniero director y esto sólo en caso de urgencia y provisto de una lámpara de seguridad.

Podrá emplearse también el alumbrado eléctrico de incandescencia; pero colocando las lámparas por la parte exterior de las ventanas, á fin de que no haya en el interior conductor alguno.

En lo posible solo se emplearán utensilios de madera ó cautchuc, evitando cuidadosamente los metales. Se prohibirá fumar y en general todo acto que pueda dar lugar á una explosión. También se prohibirá á los operarios el uso de calzado con clavos de hierro. El calzado mejor para penetrar en estos locales es el de goma. Tampoco se introducirá en estos locales carbón vegetal, estopa, grasas y en general substancias capaces de inflamarse espontáneamente.

Los aparatos empleados en la nitrificación deben poderse enfriar rápidamente, para lo cual es preciso tener á mano gran cantidad de agua fría. En los recipientes que sirven para la nitrificación debe haber constantemente un termómetro que permita conocer la tempera-

tura. Cuando puedan nitrificarse en un solo recipiente más de 5 kilogramos de una vez, ha de haber en él un agitador que reparta con rapidez en toda la masa el calor desarrollado. Esta operación debe dirigirla el ingeniero químico y si por cualquier circunstancia hubiere peligro de explosión se anegará inmediatamente el recipiente en agua fría.

No se empleará ningún producto nitrificado sin desembarazarlo antes del exceso de ácido que contenga; los aparatos empleados en la nitrificación deben lavarse con agua cada vez que se vacien.

No deben producirse de una vez más de 500 kilogramos de productos nitrificados; si se opera con la glicerina la temperatura debe mantenerse entre 12° y 30°.

Las materias absorbentes que, como el carbón vegetal seco, se hallan expuestas á una inflamación espontánea, deben situarse cuando se reúnen más de 500 kilogramos á 200 metros por lo menos de los almacenes y talleres; en menor cantidad pueden dejarse más cerca; pero es preciso encerrarlas en locales no expuestos á incendios.

En el taller de cartuchería no deben reunirse más de 60 kilogramos de explosivo. Los explosivos se transportan en sólidas cajas de madera que no contendrán más de 15 kilogramos; no se harán rodar ni resbalar y el encargado de recibir las debe asegurarse de que la masa explosiva es homogénea y no se presenta ni congelada ni aceitosa.

El jefe del taller de cartuchería debe abrirlo por sí mismo todas las mañanas; en dicho taller no habrá más útiles que los necesarios y no se dejará introducir ningún objeto metálico ínterin haya explosivos ó utensilio sin limpiar. Los obreros no interrumpirán por ningún concepto su trabajo. Cada tarde, al terminar el trabajo, se limpiarán la mesa y el suelo, recogiendo en una caja los residuos, que destruirá el jefe del taller. Cada semana se efectuará una limpieza escrupulosa, lavando la mesa y útiles con una disolución de sosa cáustica: el suelo se lavará todos los meses. No se tocará útil alguno con objetos metálicos sin lavarlo antes escrupulosamente.

No se permitirá la entrada en los laboratorios á personas extrañas á ellos, á no ser que los acompañe otra persona de confianza. Los edificios se rodearán con una cerca y en cada entrada una tablilla indicará el destino que le corresponde.

Almacena-
miento.

El suelo de los almacenes se cubrirá con tierra arcillosa y sobre ésta una tela de embalar, que, siempre que sea necesario, se sacudirá fuera del almacén y lavará con una disolución de sosa cáustica.

Es preciso que haya buena ventilación, una temperatura inferior á 35° y que los explosivos no puedan recibir directamente los rayos solares. En la pared expuesta al sol y en el interior del almacén, se colocará un termómetro.

Los ventiladores se protegerán con una tela metálica tupida: las ventanas sólo se abrirán al visitar los talleres y cuando se saquen explosivos, si el tiempo es bueno y el aire está seco.

En los almacenes no debe haber cebos ni composiciones inflamables. Las cajas deben hallarse separadas de modo que el aire circule por todas sus caras. Si se ha empleado serrín para el embalaje de los explosivos en el interior de las cajas, se quitará. Los recipientes no deben hallarse expuestos á recibir choque alguno; no se abrirán ni se emplearán útiles de hierro en el interior de los almacenes. Los recipientes de desecho se quemarán en sitios seguros y las materias explosivas que haya que destruir se dispondrán en forma de salchicha en sitio al abrigo del viento y se inflamarán por medio de una mecha. Si para destruirlas hay que emplear cápsulas fulminantes, por no ser inflamables por medio de la mecha, hay que hacerlo en sitio solitario y por porciones de 100 gramos. Salvo en el caso de que la temperatura descienda á 5° se visitarán los almacenes una vez al mes y dos si aquella sube á 30°.

Para reconocer el estado del explosivo se toma una pequeña parte de él y se lava con agua destilada, ó á falta de ésta, lo más pura posible, tibia. Después se introduce en el líquido obtenido papel preparado con yoduro potásico. Además, es preciso tomar dos tiras de papel blanco de reactivo, conservado en un frasco cerrado herméticamente; una de estas se introduce en el líquido que resulta del lavado, otra en agua y después se colocan en un soporte de vidrio bien limpio. Si la tira introducida en el primero toma un tinte azul violeta más intenso, es prueba de que existe un principio de descomposición y por tanto debe destruirse.

Cuando al entrar en un almacén se nota el olor característico de los vapores nitrosos, hay que buscar el recipiente que los produce para destruir el explosivo que contiene.

En los almacenes no se introducirán más luces que las lámparas de seguridad y esto sólo en caso necesario.

Se efectúa en cajas de madera que sólo contienen 25 kilogramos; se ^{Embalaje.} cierran con clavijas del mismo material y no se emplean nunca útiles de hierro. El embalaje conviene efectuarlo en locales separados y protegidos por parapetos: el cierre de los envases se efectúa también en locales separados y en los cuales no conviene reunir más de 500 kilogramos de explosivo. Se suelen formar paquetes de 25 cartuchos y cada paquete contiene por lo común 10 de ellos.

Es conveniente expresar en los embalajes, el producto, el nombre del fabricante y la fecha de la fabricación, y también acompañar una instrucción indicando el modo de abrirlos.

En los carruajes ordinarios las cajas deben ir bien sujetas para evi- ^{Transporte.} tar cualquier clase de movimiento; no se cargarán con más del 80 por 100 del peso máximo que puedan transportar, ni llevarán nunca más de dos toneladas de explosivo. Se envolverán con trapos ó estopas las piezas de hierro: los trapos son preferibles por estar menos sujetos á la inflamación. Las cajas se colocarán sobre un lecho de paja ó materiales blandos y si los carruajes son descubiertos, se protegerán aquellas con telas impermeables. Cada carruaje llevará un recipiente con agua.

Sólo en caso de necesidad urgente se efectuarán de noche la carga y descarga, empleando siempre lámparas de seguridad. Todo carruaje cargado de explosivos llevará una bandera ó señal que lo indique y si lleva más de 500 kilogramos, además del cochero le acompañará un auxiliar acostumbrado al manejo de aquellas substancias.

Cuando varios carruajes constituyan un convoy, entre cada dos se dejará una distancia de 5 metros y mayor al atravesar las poblaciones; en éstas no se pararán nunca y en caso de aparcar quedarán por lo menos á 100 metros de ellas y á 500 si llevan grandes cantidades.

Cuando un carruaje sufra algun accidente debe desatalajarse y revisarse, apartándolo de los demás. Los carruajes cargados de explosivos no deben llevar fulminatos, piedras, ni metales.

En los transportes por ferrocarril se observarán estrictamente los reglamentos vigentes, exigiendo en este punto la más severa responsabilidad á cuantos intervengan en ellos.

Para el transporte por mar sólo se emplearán buques que tengan bajo el puente un local al abrigo de incendios; llevarán una señal que indique el cargamento que transportan y la carga y descarga se efectuará en los puntos designados por el capitán del puerto. En los rios no se emplearán balsas.

Observaciones.

Con objeto de evitar accidentes funestos se hará comprender á los obreros encargados de la fabricación y manejo de los explosivos los peligros á que se exponen olvidando las precauciones que se les recomiendan. Los cebos se tendrán siempre separados no introduciéndolos en los cartuchos hasta el último momento.

Los explosivos que se congelen no se deshelerán más que por medio del agua tibia; mientras estén congelados se evitará con gran cuidado todo choque ó rozamiento y no se romperá cartucho alguno. Cuando haya que secar un explosivo húmedo no se elevará la temperatura á más de 40°.

Los cartuchos que hayan de introducirse en barrenos se empujarán suavemente con un atacador de madera, exceptuando los que lleven cebo, que se introducirán sin atacador; el atraque que se coloque sobre ellos no debe comprimirse hasta que haya alcanzado un espesor de 10 centímetros.

Después del trabajo si los obreros han manejado explosivos que contengan nitroglicerina, se les obligará á lavarse con una disolución ca-liente que contenga á 45 por 100 de sosa, y luego con agua sola. Hay que evitar que las manos ó pañuelos impregnados de explosivo se pongan en contacto con las mucosas, y tambien debe evitarse el contacto de dichas substancias con los cortes y escoriaciones de la epidermis.

En caso de envenenamiento de alguna importancia, caso que ocurrirá raras veces, mientras se espera la llegada del médico, se acostará al obrero, se le aplicarán compresas de agua fria ó de hielo y se le suministrará café muy cargado.

Dadas ya las ideas principales acerca de los explosivos más en uso, poco tenemos que añadir para indicar cuáles son, en nuestro concepto, los preferibles en campaña. Desde luego claro es que deben cumplir con las siguientes condiciones:

- 1.^a Facilidad de transporte.

2.^a Estabilidad, tanto desde el punto de vista mecánico como desde el punto de vista químico.

3.^a Que no necesiten para su inflamación cebos difíciles de adquirir y emplear.

4.^a Que sean de fabricación corriente en el país.

5.^a Que dentro de las condiciones anteriores tengan la mayor potencia.

Claro es que hay que empezar por desechar todas aquellas pólvoras que por presentarse en estado líquido dificulten los transportes, así como las que se componen con ingredientes que sólo deben mezclarse en el momento de emplearlas.

Pudiera creerse que la pólvora ordinaria, compuesta de salitre, azufre y carbón, y en general las llamadas lentas, han perdido por completo su importancia, pues su fuerza es muy inferior á la de las otras. Pero como las aplicaciones militares de las pólvoras son muy numerosas y los resultados que se trata de lograr muy distintos; como unas veces conviene principalmente obtener efectos de proyección, como sucede en las fogatas, ó bien que los efectos se propaguen á distancia, como en la guerra subterránea, sin que queden trituradas las partes próximas á la cámara; como otras veces se desea, por el contrario, que los efectos sean violentos y prescindir de los atraques, ó bien encerrar dentro de un volumen pequeño gran fuerza explosiva; es necesario tener pólvora lenta y pólvora viva.

Entre las primeras la que más conviene es la pólvora ordinaria, tanto por lo muy extendida que se halla su fabricación, como por lo económicamente que se produce, y estas dos condiciones dan la facilidad de obtener grandes cantidades.

Hay que tener en cuenta que no es necesario dar á esta pólvora una composición especial y que cualquiera de las de guerra (1), ya sea de fusil, ya de cañón y cualquiera de las de caza, puede emplearse en los hornillos de mina. Otra ventaja, no pequeña, tiene la pólvora ordinaria y es que para inflamarla no hacen falta cebos especiales; una mecha cualquiera, que en todas partes puede encontrarse, y en último caso una en-

(1) Con tal de que no sea comprimida.

voltura de tela llena de pólvorin, puede servir para darle fuego. Estas circunstancias hacen que la pólvora ordinaria no pueda desecharse por completo y encuentre en la guerra de mina su principal aplicación, sobre todo por parte del sitiado, que pudiendo construir con anticipación las cámaras y colocar el atraque antes de cargar, encuentra menores dificultades para usarla. En cambio no puede emplearse ni para la ruptura de masas metálicas, ni para cuando la rapidez de las operaciones exige obrar al aire libre ó sin atraque, ó empleando hornillos de poca capacidad, ó bien, finalmente, en las minas submarinas, en que no conviene el empleo de pólvoras higrométricas.

En cuanto á las pólvoras vivas, las que se disputan la preferencia son: la dinamita núm. 1, la gelatina explosiva y el algodón-pólvora comprimido y húmedo. Este último tiene, en nuestro concepto, á su favor, ventajas de gran valía. Tales son: no perder en el agua sus propiedades explosivas, lo cual le hace de gran aplicación en las minas submarinas; ser completamente inerte á la acción de los choques de los proyectiles; presentarse bajo el aspecto de discos de cartón suficientemente resistentes para no exigir ninguna clase de envoltura, y finalmente, ser el explosivo más fácil de conservar. Bien es verdad que estas ventajas están compensadas con algunos inconvenientes, tales como: exigir el empleo de una pequeña cantidad de algodón-pólvora seco para estallar; ser de menos potencia que la dinamita, sobre todo á igualdad de volúmen, pues mientras éste tiene una densidad de 1,60, el algodón-pólvora fabricado en Avigliana, que es de los más densos, sólo tiene 1,28; no ser susceptible de amoldarse á las diversas formas y dimensiones de los barrenos tan fácilmente como la dinamita. Pero en nuestro país el grave inconveniente que se opone á adoptar este explosivo es la dificultad de adquirirlo, lo cual es sin duda debido al mayor precio de fabricación comparado con el de la dinamita. En cambio la fabricación de esta última está muy extendida y es por consiguiente fácil de obtener. Otro inconveniente del algodón-pólvora para usarlo en las galerías de mina, es que produce óxido de carbono.

La dinamita, sin embargo, no se conserva en tan buenas condiciones como el algodón-pólvora húmedo, es más sensible al choque de los proyectiles, no resiste tanto como aquel la acción de la humedad, y las únicas

ventajas que tiene sobre él es su mayor fuerza, sobre todo á igualdad de volúmen, hallarse su fabricación más extendida y producir gases menos deletéreos. En la guerra terrestre ambos explosivos se equivalen, pero en la submarina el algodón-pólvora es preferible.

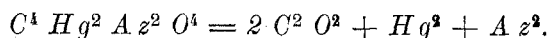
En cuanto á la gelatina explosiva, no creemos que deba, por lo menos en la actualidad, substituir á la dinamita, pues ya hemos visto que necesitaba cebos especiales en los cuales interviene el algodón-pólvora, y claro es que si hay que recurrir al empleo del algodón-pólvora para los cebos, será preferible emplearlo para todo, pues hasta ahora no está demostrado que la gelatina sea más insensible á la acción de los choques y de la humedad y más estable que el algodón-pólvora. Además, parece deducirse de diferentes experiencias que los efectos de la gelatina son muy variables. Mientras en Italia ha dado muy buenos resultados, en Suiza se han obtenido con cargas de algodón-pólvora los mismos efectos que con otras dobles de gelatina. Estas diferencias son sin duda debidas á haber empleado cebos poco potentes y quizá á no estar bien fabricada la gelatina. Esta substancia explosiva es más difícil de obtener que la dinamita y más cara, y añadiendo á su mayor coste el de los cebos, resulta su precio excesivo. Por esto no creemos acertado reemplazar la dinamita por la gelatina, pues aunque tenga esta última teóricamente mayor potencia, en la práctica es posible que poco más ó menos haya que emplear iguales cargas de ambos explosivos, porque las fórmulas que sirven para determinarlas sólo son aproximadas y no se ha podido determinar aún una relación exacta entre las fuerzas de los distintos agentes explosivos.

En resumen, dado el estado en que en nuestro país se halla la fabricación de explosivos, creemos que lo mejor es atenerse al empleo de la dinamita de primera, cuyos resultados son más seguros y menos ligados á la clase de cebos que se empleen; pero en el caso de reemplazar este explosivo por otro, daríamos al algodón-pólvora la preferencia sobre la gelatina. En Inglaterra y Alemania, naciones de gran sentido práctico, aquél es el explosivo preferido; en Italia se fabrica ya en muy buenas condiciones en Avigliana; en Francia la marina le da también la preferencia, y en nuestro país sucede lo mismo.

Áun cuando no se emplea como verdadero explosivo, sirve de cebo

Fulminato
de
mercurio.

y bajo este punto de vista interesa darle á conocer. La reacción que se produce al estallar es:



El equivalente de fulminato de mercurio pesa 284 gramos y desprende, á presión constante, 114,5 calorías y 99,1 si se supone que á la temperatura de la explosión el mercurio toma el estado gaseoso. Un kilogramo dará, pues, 463 calorías en el primer caso y 349 en el segundo. El volúmen de los gases desarrollados por 1 kilogramo es de 235,6 litros, y si se supone que el mercurio se convierte en gas á la temperatura t , $314 (1 + \alpha t)$; la presión teórica es de $\frac{6280}{n}$ atmósferas. Suponiendo una densidad de carga de 4,43, que es la misma del fulminato de mercurio, ó lo que es igual, suponiendo que haga explosión en un espacio igual al volúmen que ocupa, desarrolla una presión de 27470 kilogramos por centímetro cuadrado, según las indicaciones del manómetro. La nitroglicerina sólo da 12376 kilogramos y el algodón-pólvora 9825. Esta enorme diferencia explica por qué se emplea el fulminato de mercurio para cebar las demás pólvoras. Hay además que tener en cuenta que no existiendo apenas efectos de disociación, pues no da más cuerpos compuestos que el óxido de carbono, esta enorme presión se desarrolla instantáneamente.

El fulminato de mercurio puro se conserva indefinidamente y el agua no le altera; detona á 187° y también en contacto con un cuerpo candente; es muy sensible á la acción de los choques y rozamiento, y su inflamación es tan brusca, que inflamándolo sobre la pólvora ordinaria, la dispersa y no la hace estallar; cuanto más resistente es la envoltura en que se halla, mayor es el efecto que produce, lo cual se explica, por que para romperla es preciso que se acumule mayor cantidad de gases y el choque es más potente. Por esta razón debe emplearse el fulminato de los cebos en cápsulas metálicas; introduciéndolo en un cañón de pluma puede no inflamar la dinamita.

Cuando el fulminato de mercurio está húmedo se descompone fácilmente en contacto con los óxidos metálicos; por esta razón conviene resguardar de la humedad las cápsulas que le contienen.

La presencia de alguna cantidad de agua, 5 á 10 por 100, atenúa los

efectos de la detonación de esta materia, impidiendo que se propague más allá de la parte chocada, y á veces hasta la evita; pero esto sólo cuando se trata de una pequeña cantidad de explosivo.

El fulminato de mercurio no puede fabricarse en grandes masas. A lo más se toman 300 gramos de mercurio, que se disuelven en 3 kilogramos de ácido nítrico concentrado de 1,4 de densidad; se calienta moderadamente el líquido, pero sin pasar de 55°, y una vez hecha la disolución se vierte en un matraz que contenga 2 litros de alcohol de 0,83 de densidad. Al cesar la reacción, y á medida que el líquido se va enfriando, el fulminato se precipita en forma de agujas y cuando el precipitado ha concluido se recogen los cristales en un filtro, después de haber decantado el líquido, y se lavan con agua fría destilada ó de lluvia hasta que el líquido procedente de los lavados no dé señales de reacción ácida. El fulminato así obtenido tiene algunas partículas de mercurio y á veces oxalato de este metal. Para purificarlo se disuelve en 100 partes de agua destilada hirviendo que precipita los cuerpos indicados y cuando el líquido quede transparente se decanta, y al enfriarse, el fulminato se precipita en cristales prismáticos blancos y brillantes. Estos se secan sobre placas de porcelana sin barnizar y al abrigo de los rayos del sol. El fulminato se conserva en cajas de madera ó cartón y nunca en frascos que al abrirlos puedan, por el rozamiento producido, dar lugar á una explosión.

Generalmente el fulminato de mercurio es el cebo empleado para hacer estallar las pólvoras vivas; pero para disminuir algo su sensibilidad suele mezclarse con otros cuerpos que al hacer explosión aumentan el volúmen de gases producido. Estos cuerpos son el clorato ó nitrato de potasa, el polvorín, el azufre. El salitre disminuye considerablemente la violencia de la explosión, pero tiene la ventaja de producir más llama y por tanto facilitar la inflamación del explosivo á que se aplique el cebo.

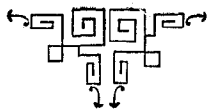
Entre las mezclas empleadas para servir de cebo están la siguientes:

	Núm. 1.	Núm. 2.	Núm. 3.
Fulminato de mercurio. . . .	100	100	100
Salitre.	50	62,50	»
Azufre.	»	29	»
Polvorín muy fino.	»	»	60

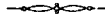
Estas mezclas se preparan humedeciendo el azufre y el salitre, finamente pulverizados, y con un rodillo de madera se forma sobre una mesa de mármol una pasta homogénea; después se añade poco á poco el fulminato y luego se granea y seca. El graneo es la operación más peligrosa, pues es preciso que la pasta no esté demasiado húmeda. El taller de graneo es de madera y el suelo de plomo, y sólo se preparan de una vez cantidades muy pequeñas que se tamizan por compresión en un cedazo de crín, de mallas apretadas, y colocado sobre una mesa de madera cubierta de lana y encima de ésta un hule. El taller para secar el fulminato es también de madera; las paredes están tapizadas con gutapercha y los cristales de los vanos son deslustrados. Los granos se extienden en capas muy delgadas sobre hojas de papel colocadas en artesas de madera cuyo fondo se cubre con tela. El secado se efectúa á una temperatura moderada.

Las cápsulas son de cobre: el fulminato se introduce en ellas por procedimientos mecánicos, y para darle consistencia se emplean máquinas especiales armadas de punzones que penetran en las cápsulas y comprimen suavemente el fulminato. Puede también emplearse para adherir éste á las paredes de aquellas una composición resinosa que al mismo tiempo le preserva de la humedad. Las cápsulas contienen de 0,4 á 0,8 gramos de fulminato de mercurio; pero las hay hasta de 1 y 2 gramos. En campaña no conviene emplear las que contengan menos de 1 gramo.

Generalmente las cápsulas se embalan en cajas de hojadelata que contienen 100 de ellas, y á su vez 250 ó 500 de éstas van en otras cajas de mayor tamaño. Para evitar el movimiento de las cápsulas dentro de las cajas y el del fulminato en el interior de aquellas, todos los huecos se rellenan con serrín bien seco.



LIBRO III.



INFLAMACIÓN DE LAS CARGAS.

CAPÍTULO PRIMERO.

Inflamación de hornillos de mina por procedimientos piro-técnicos.—Salchichas.—Cohete porta-fuegos.—Cápsulas de fulminato de mercurio.—Espoletas de tiempo.



El medio más antiguo empleado para dar fuego á un hornillo de mina, consistía en un reguero de pólvora que se cubría con tejidos y ardía con una velocidad de 2^m,50 por 1". Semejante medio tenía varios inconvenientes, siendo el principal la facilidad con que se separaban los granos que constituían dicho reguero, resultando una solución de continuidad que impedía la propagación del fuego.

Inflamación de los hornillos de mina por procedimientos piro-técnicos

La salchicha ordinaria está formada por una envoltura de tela de Salchichas. 0^m,015 á 0^m,030 de diámetro, que se llena de pólvora. Esta salchicha al aire libre arde con una velocidad de 3^m,50 por 1"; en una canal abierta por su parte superior la velocidad es de 5^m,50, y de 8^m,50 si la salchicha está cubierta de tierra (1). Tiene este procedimiento la ventaja de que es muy fácil improvisar la salchicha, pero en cambio da mucho humo. Para preservar esta salchicha de los efectos de la humedad, se la coloca en una canal de madera hecha de tablas de 0^m,01 de espesor y cuya sección interior sea próximamente de 0^m,04 de lado; el fondo de la canal se fija á las soleras de los bastidores que forman las galerías, ó á piquetes que se clavan en el suelo cuando aquellas no existen. El extremo de la salchicha se introduce en la caja que contiene la carga y se fija por medio de una clavija de madera, á fin de que una tracción involuntaria no pueda hacerla salir; el resto se va colocando en el fondo de la

(1) Cada recodo equivale á una longitud de 0^m,08 en línea recta.

canal y sujetándole también con clavijas de madera. La canal se cubre luego por medio de las tablas que forman su tapa superior, que se clavan empleando clavos y martillo de cobre ó bien clavijas de madera y un mazo. Hay que dejar fuera de la canal 0^m,50 de salchicha, y á fin de impedir que la humedad pueda alterar la pólvora que corresponde á esta parte, ó que por un accidente se prenda fuego, se cubre con un saco terrero. Si la salchicha se ha de emplear en parajes muy húmedos, se embrea la tela y cuando ha de usarse en el agua, se introduce en tubos de plomo ó zinc. Para dar fuego á la salchicha se emplea una mecha azufrada, de combustión lenta, ó un pedazo de yesca, llamado fraile, de 0^m,04 á 0^m,05, ó un mixto cualquiera cuya velocidad de combustión se conozca, á fin de que el minador tenga tiempo de retirarse.

La salchicha Bickford se compone de un hilo de polvorín rodeado de dos envolturas helizoidales de bramante, cuyas vueltas están en sentido contrario; la exterior se embrea ó cubre con guttapercha. Arde con una velocidad de 0^m,01 por 1'', lo que la hace poco á propósito para inflamar los hornillos cuando hay que colocar una gran longitud de salchicha. Para emplearla se introduce una longitud de 0^m,10 á 0^m,15 en el recipiente que contiene la pólvora y se sujeta por medio de clavijas de madera, ó bien por medio de una cruz hecha con listones y que se ata á la salchicha por la parte interior del recipiente. Cuando se emplea en el agua, es preciso enlucir bien con cautchuc ó substancias grasas la unión de la salchicha á la caja que contiene la pólvora.

La salchicha la Rivière se compone de un alma formada por tres estopines rodeados de varias capas de tela barnizada y de un tejido de bramante. Cada estopín es un hilo de algodón empapado en una pasta formada de polvorín y aguardiente con vinagre; entrando por cada kilogramo de polvorín 1 litro de aguardiente. Esta salchicha es suficientemente impermeable para no exigir el empleo de canales de madera, resiste más á la tracción que la ordinaria, da poco humo y arde con una velocidad de 100 metros por 1'', lo que la hace muy á propósito para las explosiones simultáneas. Cuando esta salchicha ha de emplearse en terrenos húmedos, el alma se cubre con una doble envuelta de tela barnizada que la rodea y ésta á su vez con un tejido compuesto de seis hilos de cáñamo. Si se ha de emplear en terrenos muy húmedos,

ó en el agua, encima de la tela se forma un tejido de algodón y se cubre con una doble envoltura de cautchuc sobre la cual va el hilo de cáñamo.

Cuando se quiere unir dos trozos de salchicha la Rivière, hay que poner al descubierto los estopines de los extremos que se van á empalmar en una longitud de 6 á 7 centímetros; se atan luego fuertemente y la unión se cubre por medio de una cinta embreada y una hélice de bramante. Cuando se emplea esta salchicha bajo el agua, es preciso hacer impermeables estas uniones, lo mismo que la que se hace al introducirla en el recipiente que contiene la carga, lo que se logra por medio de hojas delgadas de cautchuc aplicadas á dichas uniones por medio de una disolución de la misma substancia. Como esta salchicha se emplea sin canal, es preciso sujetarla perfectamente durante su curso, sobre todo en la parte correspondiente al atraque y tomar toda clase de precauciones para impedir que se salga del recipiente que contiene la carga. Á esta salchicha se le puede dar fuego por medio de yesca, mixto ó mecha Bickford. En este último caso se corta en bisel el extremo de la salchicha que sirve de cebo y se introduce en él el de la que ha de comunicar el fuego á la pólvora, teniendo mucho cuidado de que el polvorín de la primera se halle en contacto con los estopines de la segunda; la unión del Bickford con la salchicha la Rivière se consolida por medio de una ligadura hecha con bramante.

La mecha Sébert se prepara introduciendo ácido pícrico fundido en tubos de estaño calentados de antemano; éstos se estiran por medio de la hilera antes de que aquel haya tenido tiempo de solidificarse. Estas mechas se inflaman por medio de 1,5 gramos de fulminato de mercurio y arden con una velocidad de 800 á 1500 metros por 1". Un barníz de goma laca las preserva de la humedad y pueden empalmarse por medio de manguitos de metal.

Otra mecha recientemente inventada es la de fulminato de mercurio. Para fabricarla se impregnan cuatro hebras de algodón machacado en una pasta de fulminato de mercurio, y después de secas, se cubren con una envoltura de cautchuc y un trenzado de bramante. Por cada metro de mecha hay que emplear cinco gramos de fulminato. Esta mecha puede arder ó detonar: para lo primero basta ponerla en contacto con un

cuerpo en ignición, una mecha Bickford, por ejemplo; para lo segundo, se le aplica el fulminato de mercurio. Esta mecha arde con gran velocidad. Contra lo que pudiera esperarse, parece deducirse de las experiencias hechas en Austria que esta mecha es poco sensible á la acción de los choques; pero en cambio al cortarla, para poner al descubierto el fulminato, puede originarse la inflamación de éste y quemarse el que verifica la operación.

Esta mecha se inflama generalmente por medio de una cápsula de fulminato, y tanto ella como la anterior son poco prácticas y peligrosas para los usos de campaña.

Tampoco son muy prácticas la americana y la de algodón-pólvora. Aquella se compone de un mixto de clorato de potasa y cianuro de plomo contenido en una envoltura de papel fuerte ó de guttapercha, según deba emplearse ó no fuera del agua. Esta salchicha arde con una velocidad muy grande y da lugar á un desprendimiento de gases muy pequeño. En los terrenos húmedos no necesita canal que la proteja, ni tampoco debajo del agua, con tal de que se emplee antes de llevar en ella veinticuatro horas.

La salchicha de algodón-pólvora se compone de un tejido de la misma substancia, en forma de cilindro hueco, que se cubre con una envoltura de tela. Arde con una velocidad de 10 metros por 1" y no necesita canal que la proteja de la humedad, cuando el terreno no es muy húmedo.

Caja
de Bonle.

También puede emplearse para dar fuego á las minas la caja de Bonle (fig. 32, lám. 3) que consiste en un recipiente *A*, cuyo fondo es una corredera; bajo dicho recipiente hay un monton de pólvora *B*, de donde parte un reguero que va á parar á la carga. En la caja *A* se introduce un pedazo de yesca inflamada, que al retirar la corredera cae sobre el montón de pólvora y le da fuego. Volviendo á colocar la corredera se evita que el humo penetre en las galerías de mina.

Cohete portafuegos.

El cohete portafuegos es tan solo un cohete ordinario que marcha á lo largo de una canal cuyas paredes deben estar bien cepilladas, y que termina en la caja que contiene la pólvora y al penetrar aquél en ella la inflama. Estableciendo en diferentes puntos de la canal válvulas, que el cohete abrirá en su marcha, y que deberán luego cerrarse automática-

mente, se evita que los gases penetren en las galerías. Si la canal forma recodos, en cada uno de ellos se establece un cohete dispuesto de modo que su carga tome fuego de unos estopines que deberán inflamarse al contacto del anterior. Este sistema y el anterior tienen las ventajas de ahorrar el tiempo que se pierde en colocar la salchicha en el interior de la canal y evitar la inseguridad á que dan lugar las posibles rupturas de la mecha.

La dinamita y el algodón-pólvora, sólo pueden hacerse estallar empleando cápsulas de fulminato de mercurio, formadas por un tubito de cobre cerrado por uno de sus extremos y que tiene 0^m,005 de diámetro interior y 0^m,02 á 0^m,04 de longitud. En la industria se emplean solamente en cada cápsula 0,4 á 0,8 gramos de fulminato, pero en la guerra conviene aumentar esta cantidad á fin de que la explosión sea más segura. En Austria las cápsulas contienen 0,9 á 1 gramo de fulminato y Mr. Abel aconseja emplear 2 gramos de dicha substancia en las explosiones militares. Cuando sólo se tengan á mano cápsulas de las que usa la industria, se comprime ligeramente el fondo de una de ellas, á fin de desprender el fulminato, que se vacía luego para introducirlo en otra cápsula que resulta así doblemente cargada. No se deben introducir las cápsulas en los cartuchos de dinamita ó algodón-pólvora hasta el momento de usarlos, con lo que se evitan los peligros de explosiones prematuras. Para dar fuego á la cápsula se suele emplear la mecha Bickford (fig. 33, lám. 3) que se introduce hasta el fondo de aquella, quedando fuera una longitud correspondiente al tiempo que deba transcurrir desde que se inflama la salchicha hasta que se produce la explosión. La unión entre la cápsula y la mecha se logra por medio de un mastic que llene el intervalo existente entre ellas, ó bien formando por medio de unas pinzas una garganta en la primera, pero no debe apretarse demasiado, pues si el alma de la salchicha quedara muy comprimida, podría interrumpirse la combustión. Cuando se emplea la salchicha la Rivière para dar fuego á la cápsula, hay que poner al descubierto los estopines y procurar que queden en contacto con el fulminato. Cualquiera que sea la mecha empleada debe disponerse de modo que no pueda dar fuego á la dinamita antes que al fulminato, pues de lo contrario la explosión quizá no tendría lugar. Cuando la dinamita se emplea debajo del agua es preciso que ésta no

Cápsulas
ful-
minantes.

pueda penetrar en el interior de la cápsula, lo que se logra echando sebo, pez ó guttapercha en el punto de unión de la cápsula y la mecha, ó bien cubriendo dicha unión por medio de un tubo de cautchuc que se ata fuertemente á la cápsula y la mecha. En el capítulo anterior hemos indicado ya el modo de preparar las cápsulas.

Con objeto de evitar explosiones frustradas á consecuencia de la mala colocación de las cápsulas, se emplean cartuchos cebos que contienen una cierta carga de dinamita, generalmente 20 gramos, y un tubo de cautchuc, en el que se introduce el fulminato con la mecha correspondiente.

La figura 34 (lám. 3) indica la disposición del cartucho cebo empleado en Austria. *AA* es la carga que se quiere inflamar; el cartucho solo es un cilindro de hojadelata que contiene en *ss* dinamita y está cerrado en su parte superior por un tapón anular de cautchuc *kk*, atravesado por otro de madera *p*; cuando se quiere dar fuego á la carga se reemplaza el tapón *p* por la cápsula; *m* es un sobrante de tela impermeable que protege al cartucho durante los transportes. Este mismo cartucho cebo puede servir para hacer estallar la dinamita congelada, colocando en *ss* dinamita Traulz en vez de la ordinaria.

Puede reemplazarse la salchicha Bickford por una espoleta de tiempos, que consiste en un tubo de madera ó papel fuerte, que contiene un mixto, el cual, por medio de un estopín, comunica el fuego á la cápsula situada en el fondo del tubo. El mixto puede formarse con 6 partes de salitre, 3 de azufre y 1 de pólvora; esta composición arde con una velocidad de 0^m,045 por 1^{''}.

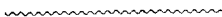
Espoleta
de tiempos.

En Austria se emplea la espoleta de tiempos representada en la figura 35 (lám. 3) y que consiste en un tubo de madera de 0^m,075 de longitud, forrado de cobre. En la parte superior se coloca el mixto, que por medio de una caja de polvorín situada debajo de él transmite el fuego á la cápsula; la extremidad del tubo *c* se cierra con un tapón de cera. En *e* hay una mecha que es la que recibe el fuego y lo comunica al mixto, cuya combustión dura 1'.

Para preservar esta espoleta de la humedad se la envuelve en una tela y se introduce en una mezcla de pez y cera. Estas espoletas tienen

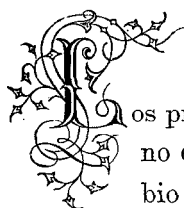
la ventaja de que pueden fijarse mejor á la carga que las mechas, pues estas últimas son fácilmente arrancadas.

Para inflamar el algodón-pólvora húmedo ó la gelatina alcanforada, hay que aplicar, según ya hemos indicado, la cápsula al cartucho de algodón-pólvora seco.



CAPÍTULO SEGUNDO.

Inflamación de los hornillos de mina por medio de la electricidad.—Pilas.—Máquinas dinamo-eléctricas.—Explosores.



Los procedimientos pirotécnicos tienen la innegable ventaja de no exigir aparatos ni instalaciones complicadas; pero en cambio no permiten dar fuego instantáneamente á las minas, pues aún usando la salchicha la Riviére, como no se la puede dar fuego directamente, ha de transcurrir algun tiempo desde que se enciende la mecha hasta que estalla el hornillo. Cuando se quieren obtener explosiones simultáneas, es mucho menos difícil lograrlas por procedimientos eléctricos que por los pirotécnicos; y, por otra parte, la electricidad tiene la ventaja de que permite dar fuego desde largas distancias, y como no produce humo, no llama la atención del enemigo.

Inflamación de los hornillos de mina por medio de la electricidad.

En cambio la electricidad tiene el inconveniente de exigir aparatos más ó menos complicados, la instalación de los conductores y cebos, que á veces se deterioran. Los progresos últimamente realizados han simplificado mucho los aparatos eléctricos, y en cuanto al inconveniente de los cebos puede remediarse empleando, como luego veremos, varios de ellos si no se tiene completa confianza en su fabricación. Por estas razones la electricidad se emplea hoy día siempre para la inflamación de los hornillos establecidos de un modo permanente y se usa con gran frecuencia en campaña, empleando sólo otros procedimientos cuando no se tengan á mano los elementos para una instalación eléctrica.

Para dar fuego á las minas por medio de la electricidad, pueden emplearse corrientes de pequeña tensión y gran cantidad, ó por el contra-

rio, corrientes de gran tensión y pequeña intensidad. Las primeras enrojecen un hilo de platino puesto en contacto con una substancia fácilmente inflamable, que es la que transmite el fuego á la carga. La tensión ó alto potencial de las segundas se emplea en hacer detonar una mezcla, cuya composición veremos más adelante.

De aquí que los generadores de electricidad que se emplean para dar fuego á los hornillos se clasifiquen en dos grupos: los que dan corriente de cantidad y los que la producen de tensión. Los cebos que se usan en los primeros se llaman *termo-eléctricos* ó de cantidad; los que se emplean en los segundos, *foto-eléctricos*, de tensión ó de hilo interrumpido. Más adelante veremos que esta clasificación no es absoluta y que pueden emplearse aparatos y cebos que funcionen con ambas clases de corrientes.

Vamos ahora á estudiar los elementos empleados para la inflamación de los hornillos por medio de la electricidad, y después discutiremos los aparatos más convenientes para los distintos casos que pueden presentarse.

Pilas.

Las pilas empleadas en la inflamación de los hornillos de mina deben ser muy enérgicas y de fácil manipulación, y además ligeras cuando formen parte del material de campaña.

Las más comunmente usadas son aquellas cuyo líquido excitador es una sal de cromo; generalmente el bicromato de potasa.

Pila prusiana.

En Prusia la pila es una caja de madera que lleva 36 pares; los metales son el zinc y el cobre, y el líquido se compone de agua y una disolución de sal de cromo en ácido sulfúrico. El interior de la caja está cubierto de guttapercha y dividido en compartimientos por medio de planchas de madera de menor altura que los lados de la caja. Los pares van unidos á la tapa que cierra la caja y ésta puede levantarse corriendo á lo largo de cuatro columnitas de latón situadas en los ángulos. Unos resortes en espiral, arrollados á las columnitas, mantienen la tapa levantada, y por lo tanto los metales que forman el par, fuera de los compartimientos. Cuando se quiera que la pila funcione, se llenan los compartimientos, se baja la tapa para introducir en ellos los pares y se colocan unos pasadores que impiden que aquella se levante. En la parte superior de la tapa hay un conmutador compuesto de varias láminas metálicas 1, 2, 3, 4, 5, etc. (fig. 36, lám. 3), y una manecilla también metá-

lica que puede girar al rededor de un eje vertical; esta disposición sirve para cuando se quiera dar fuego á varios hornillos, en cuyo caso uno de los hilos de cada uno se pone en comunicación con un polo de la pila y el otro con una de las láminas citadas, y al pasar sobre ella la manecilla móvil, se cierra el circuito, pues el eje de giro comunica con el otro polo. Los elementos están dispuestos en la caja de tal modo, que el zinc de cada uno se halle en contacto con el cobre del siguiente. Para el transporte se dispone la pila y demás elementos necesarios para dar fuego á las minas como indica la figura 37 (lám. 3), en la que: 8, es la bobina á que va arrollado el conductor; 2, la pila; 9, pares de reserva; 4, un frasco con ácido sulfúrico; 6, una medida de plomo. Lleva además una caja con clorato de potasa, 100 cebos, una balanza, una bolsa de herramientas, cintas de guttapercha, hilo de platino para los cebos y 12 piezas de latón. Una pila de 36 elementos puede dar fuego á seis hornillos situados á 600 metros de distancia en 0'',50. Si el intervalo entre cada dos explosiones es de 0'',50, alcanza hasta 1200 metros, y hasta 1500 si aquel es de 1''. Con 72 elementos pueden alcanzarse distancias de 3300 metros. Si los hornillos son submarinos, sólo pueden colocarse á 600 metros. Estas distancias están dadas suponiendo que los conductores son alambres de cobre de 0^m,001 de diámetro. Estas pilas, por su gran peso, no son á propósito para formar parte de los parques de campaña de las compañías de minadores.

En Francia se emplean pilas de un solo líquido y de dos líquidos. El líquido excitador es en las primeras una disolución de bicromato de potasa á la que se añade $\frac{1}{5}$ á $\frac{1}{10}$ de ácido sulfúrico. Para preparar estas disoluciones se echan en agua cristales de bicromato de potasa, en proporción de 100 gramos, por lo menos, por 1 litro de agua (si ésta está caliente se aumenta la rapidez de la operación); el ácido sulfúrico se echa después poco á poco, agitando al mismo tiempo el líquido; este ácido puede substituirse por una sal sólida que le contenga, tal como el bisulfato de potasa, y en este caso debe emplearse un volumen de esta sal doble de el del bicromato disuelto.

Pilas
francesas.

Pueden darse á estas pilas diversas disposiciones. La figura 38 (lám. 3) indica la disposición de un elemento, que es una caja dividida en dos compartimientos. Uno de ellos contiene un cilindro de carbón de retorta co-

locado en el interior de un tubo de zinc y unido con él en un disco de madera con piezas metálicas que representan los polos. El otro contiene un vaso de vidrio con la disolución de cromato de potasa. La caja se cierra como indica la figura. Empleando como conductor el alambre de hierro de 0^m,004 de diámetro, pueden inflamarse hornillos situados á 175 metros de distancia.

Con tres elementos se puede formar una pila como la representada en la figura 39 (lám. 3). La tapa de la caja es de cautchuc endurecido y en su parte inferior lleva una placa de cuero, cuyo objeto es producir una obturación completa; á esta tapa van unidos los pares formados de zinc y carbón. El resto de la caja es un prisma de cautchuc en el que se han abierto tres huecos cilíndricos que en la parte superior llevan los pares y en la inferior el líquido. Las correas *R* y *R* sirven para transportar la pila como mochila. Cuando la pila está en la posición que indica la figura, no funciona, pues los pares no están sumergidos. Para hacerla funcionar es preciso invertirla. Terminada la explosión, se vuelve á su posición primitiva. Empleando el conductor ya citado, puede inflamarse un hornillo situado á 900 metros.

La figura 40 (lám. 4) representa una disposición para cuatro elementos. Cada uno se compone de un semicilindro de zinc macizo y otro semicilindro de carbón, también macizo; los elementos van unidos á una plancha de madera que se introduce en un compartimiento de la caja y el otro lleva cuatro vasos que contienen la disolución. Esta pila alcanza 1200 metros (1). Uniendo dos de estas pilas puede darse fuego á hornillos situados á 2500 metros.

Finalmente, la figura 41 (lám. 4) indica la disposición de una pila de 12 elementos. Las barras de carbón son prismáticas y están en el interior de los cilindros de zinc; los pares van unidos á una placa de cautchuc endurecido separada de la caja que contiene los vasos por medio de dos resortes en hélice; los recipientes que contienen la disolución son de cautchuc. Para poner la pila en actividad, basta hacer bajar la placa de cautchuc hasta que los pares se sumerjan en el líquido. Esta disposición tiene la ventaja de no presentar ninguna parte frágil, pero los vasos de cautchuc

(1) Cuando no se diga nada en contra, debe entenderse que los alcances son de alambre telegráfico, ó sea alambre de hierro de 0^m,004 de diámetro.

son muy pequeños y por lo tanto sólo sirve para un corto número de explosiones, por que el líquido se debilita rápidamente. Esta pila puede emplearse hasta la distancia de 4000 metros.

Entre las pilas de dos líquidos se halla la de Bunsen, muy conocida y muy enérgica. Cada par se compone de un cilindro ó prisma de carbón sumergido en ácido nítrico concentrado, de un vaso poroso que rodea al cilindro de carbón y de un cilindro de zinc sumergido en ácido sulfúrico muy diluido. Todos estos elementos están dentro de un vaso de porcelana. Esta pila es muy poco constante, su manipulación engorrosa y los ácidos que en ella intervienen estropean con facilidad las ropas de los que deban manipular. En campaña no es conveniente emplearla. En Francia se ha modificado esta pila, como indica la figura 42 (lám. 4). Cada elemento se compone de un vaso exterior de zinc que contiene una disolución de cloruro de sódio, de un vaso poroso con una disolución saturada de bicromato de potasa, á la que se añade $\frac{1}{13}$ de su volúmen de ácido sulfúrico, y de un cilindro de carbón sumergido en la disolución de bicromato. Para facilitar los transportes se cierran los elementos con una tapadera de madera, cuyos bordes se hallan guarnecidos de cautchuc. Para que la intensidad de la corriente no disminuya, es necesario renovar los líquidos cada cinco ó seis dias. Si el zinc no está amalgamado, debe limpiarse bien cada vez que se desmonte la pila. Las distancias á que puede darse fuego empleando estas pilas son las siguientes:

Número de elementos.	Distancias.
1	250 metros
2	600 "
3	900 "
4	1200 "

La pila Leclanché se compone de un vaso, en cuyo interior hay una disolución de clorhidrato de amoniaco y sumergido en ella un cilindro de zinc, y dentro de este vaso otro poroso que contiene una placa de carbón rodeada de peróxido de manganeso. La barra de carbón puede reemplazarse por una placa de la misma materia contenida entre otras dos que están formadas de una pasta obtenida mezclando

polvo de carbón, peróxido de manganeso y goma laca ó resina. Con esta modificación se puede suprimir el vaso poroso. Cada par tiene un tapón que le cierra herméticamente, dejando paso á los elementos que constituyen los polos. Cuando la pila ha funcionado bastante tiempo y se nota que la corriente se ha debilitado, se vierte la disolución amoniaca, se echa agua acidulada á fin de disolver el zinc depositado sobre el peróxido de manganeso, se lava luego con agua y se monta de nuevo la pila. Cuando las barras de zinc se han puesto negras, se las amalgama, para lo cual basta sumergirlas en una cubeta que contenga agua acidulada y mercurio. Los alcances de esta pila son 125, 300, 450, 600, 750 y 900 metros, según se emplean 1, 2, 3, 4, 5 ó 6 pares.

La pila adoptada modernamente en Francia para los parques de ingenieros, se compone (fig. 43, lám. 4) de un vaso cilíndrico de guttapercha y de un cilindro *B* de la misma materia, que contiene cuatro canales, y en cada una de ellas un elemento formado por una barra de zinc y otra de carbón. En la base superior del cilindro *B* hay unas láminas metálicas que unen en tensión los cuatro elementos. *E, E* son los casquillos polos de la pila; *c c* un anillo que sirve para manejarla. El líquido excitador se compone de una mezcla de bisulfato de potasa (sal blanca) y de clorocromato de potasa (sal amarilla). Para cargar la pila, se echa agua en el vaso de guttapercha, se introduce el cilindro *B* á fin de expeler el líquido sobrante, se retira dicho cilindro y en el líquido que queda se disuelven 10 gramos de bisulfato y 3 gramos de clorocromato de potasa. Para no tener que pesar estas cantidades, en cada una de las cajas que contienen las sales indicadas va una medida de la capacidad conveniente. Para dar fuego se introduce el cilindro *B* en el líquido excitador, á fin de limpiar aquel, quitándolo en seguida; se unen á dicho cilindro los alambres conductores; se introduce de nuevo en el vaso y después de la explosión se lavan bien el cilindro y el recipiente, y se dejan secar á la sombra para que no se grieteen.

Esta pila es de más fácil transporte que las anteriores, pero nos parece más fácil de manejar la de la figura 39.

Pila
Austriaca.

En Austria, para dar fuego á los torpedos se emplea una pila modificación de la de Smee, y cuyos pares están representados en la figura 44 (lám. 4). Se componen de un vaso de cautchuc que contiene una disolución

de ácido sulfúrico en un peso de agua doce veces mayor. En el centro del vaso hay una placa de zinc amalgamado Z , cuyo extremo inferior está sumergido en un vaso de cautchuc W lleno de mercurio. B y B , son dos láminas de plomo cubiertas por una capa de platino y unidas lo mismo que la Z á la tapa $D D$ que cierra herméticamente el vaso. Un arco metálico b pone en comunicación las dos láminas de plomo. x é y son los polos de la pila. Esta pila es recomendable por su constancia y por el mucho tiempo que puede funcionar sin necesidad de renovar los líquidos.

De las pilas secas, ninguna, por más que son muchas las ideadas, resulta práctica, en nuestro concepto, para el caso que estudiamos. Todas ellas dan corrientes poco intensas que se debilitan rápidamente. En campaña, el buen éxito de una voladura es á veces de importancia capital y por consiguiente no conviene fiarse de aparatos en los cuales no se tenga completa confianza y que puedan fácilmente producir un fracaso.

Las hay de dos clases, unas que producen electricidad de alta tensión, pero corriente de poca intensidad; otras que dan, por el contrario, corrientes de pequeña tensión. Las primeras se componen de dos piezas de hierro dulce, á las que va arrollado un hilo por el cual se hace pasar, después de construida la máquina, una corriente que produzca un débil campo magnético que sirve luego para cebarla. Las piezas de hierro dulce están reunidas en su parte superior por otra placa, constituyendo así un imán en herradura, entre cuyas expansiones polares, situadas en la parte superior, gira una bobina. Máquina
Siemens.

Esta bobina difiere de las ordinarias en su disposición indicada en la figura 46 (lám. 4), es decir, que el hilo, en vez de estar arrollado perpendicularmente al eje, le es paralelo y sus extremos terminan el uno en el punto a del eje, y el otro en un anillo metálico b , aislado de dicho eje.

Los extremos del hilo que rodea las piezas de hierro dulce, van á parar á los casquillos T (fig. 45, lám. 4), á los que se unen los conductores; pero la comunicación con estos sólo se establece cuando la corriente ha adquirido la tensión suficiente. Dichos extremos comunican también con los frotadores D (fig. 45), con los cuales roza el eje de la bobina Siemens al girar. De estos frotadores, uno comunica con el anillo b y otro con el

eje *a* de la bobina (fig. 46). La teoría de esta máquina se comprende fácilmente. Al hacer girar la bobina Siemens, se produce en ella una corriente debida al débil campo magnético de las placas de hierro dulce; esta corriente inducida recorre á su vez, pasando por los frotadores *D*, el hilo del electro-imán; refuerza el campo magnético y con él la corriente inducida de la bobina, y por esta serie de acciones recíprocas, llega la corriente que recorre el electro-imán á adquirir tensión suficiente. En esta máquina, el hilo es muy delgado y da muchas vueltas. La figura 47 (lám. 4) indica claramente la manera de funcionar el aparato; *K* es un interruptor que obra sobre la palanca *L*; en la posición que indica la figura, el circuito exterior, es decir, el que parte de los casquillos *T*, está interrumpido y la corriente producida al girar la bobina sólo sirve para cebar el aparato.

Cuando la palanca *L* toma la posición de la figura 48 (lám. 5) después de haber dado dos vueltas á la manivela, que corresponden á cuatro de la bobina, el contacto entre las piezas *x* é *y* cesa y la corriente va á los casquillos *T*, produciendo la inflamación del cebo. *P* es una placa de mica establecida en un circuito derivado; la corriente la atraviesa cuando adquiere una tensión excesiva y sirve por consiguiente de válvula de seguridad. Conviene aislar la manivela por medio de un tubo de cautchuc para evitar sacudidas desagradables. Cuando se quiera dar fuego á varios cebos á la vez, se hará girar lentamente la bobina varias veces para cebar bien la máquina. Después de esto, se le hará dar vuelta rápidamente. Por medio de la disposición indicada en la figura 49 (lám. 5), pueden hacerse funcionar á la vez dos máquinas ó inflamar doble número de cebos.

La máquina de cantidad difiere de la anterior en que carece de interruptor y placa de mica; el hilo es grueso y más corto que el de máquina de tensión. Esta máquina está representada en la figura 50 (lámina 5); *Q* es un manipulador que dispuesto como indica la figura 51 (lám. 5) hace pasar la corriente al través de la resistencia *P*, y dispuesto como indica la 52 (lám. 5), interrumpe la comunicación con dicha resistencia y la establece con el casquillo *T*. La segunda disposición del interruptor es la que sirve para dar fuego y antes de ello se ceba la máquina dando unas vueltas á la manivela.

La resistencia P tiene por objeto excitar más rápidamente el aparato; además sirve de válvula de seguridad; pues si se dan muchas vueltas á la máquina, sin introducir el circuito exterior, el hilo P se funde, y si no existiese se podría fundir parte del que rodea á los electro-imanés y quedar inutilizada la dinamo.

Otra máquina dinamo-eléctrica usada en Suiza es la de Bürquin (figura 53, lám. 5). Esta consiste en cuatro electro-imanés inductores, entre cuyas expansiones polares gira un eje que lleva una serie de bobinas perpendiculares á él y dispuestas en hélice. Este eje lleva un colector que roza con los frotadores $m m'$. El circuito interior está formado por el frotador m , los dos electro-imanés superiores, el frotador m' , el tornillo z (fig. 54, lám. 5), las piezas x , los dos electro-imanés inferiores y el frotador m' . La palanca L termina en dos piezas de hierro dulce, situadas frente á los polos N' y S' de los electro-imanés de la derecha; un resorte f obliga á dicha palanca á conservar la posición indicada en la figura 54, hasta que los electro-imanés de la derecha adquieran suficiente fuerza para atraerla; en este caso el circuito corto queda roto y se produce una extra-corriente que va por los casquillos P y P' al cebo. La palanca L es, pues, un interruptor. Este aparato lleva en u un condensador que tiene por objeto descargar por completo el hilo inductor y hacer así más sensible la interrupción de la corriente.

Máquina
Bürquin.

El explosor Bürquin tiene sobre el Siemens la ventaja de ser más ligero y de que su efecto es independiente de la velocidad de rotación, pues el circuito corto no se interrumpe hasta que la palanca L es atraída, es decir, hasta que el aparato tiene suficiente potencia para dar una extracorrente capaz de inflamar el cebo.

Consta (fig. 55, lám. 5) de dos placas de hierro dulce B unidas en su parte superior por otra tercera y rodeadas de un hilo grueso de cobre formando un circuito único para las dos placas, y cuyos extremos libres van á parar á los casquillos c y d , que comunican con los frotadores del conmutador F . Las placas B de esta máquina, lo mismo que las del aparato Siemens, han recibido una imantación preliminar. Entre las armaduras C háy un cilindro inductor compuesto de dos bobinas Siemens de distintas dimensiones y cuyos hilos están arrollados en planos perpendiculares entre sí (fig. 56, lám. 5). Los extremos del hilo de la bobina menor comu-

Máquina
de Ladd.

nican con el conmutador F y los de la bobina mayor con los anillos que lleva el eje del cilindro y por medio de los frotadores F , en contacto con ellos, con los casquillos c y d á que se unen los conductores. La teoría de este aparato es la misma que la del Siemens; las corrientes desarrolladas en el circuito formado por el hilo que rodea las placas y el de la bobina pequeña, refuerzan considerablemente las que se desarrollan en el hilo de la bobina grande, y éstas son las que inflaman los cebos. Para poner en movimiento esta máquina se necesitan dos hombres y tiene un alcance de 2500 metros, empleando cebos iguales á los que se usan en la de Siemens. Pesa 31,500 kilogramos y va contenida en una caja de 0^m,37 de altura, 0^m,37 de longitud y 0^m,23 de anchura. Ni este aparato ni el de Siemens son á propósito para campaña por su mucho peso.

Máquina
de Ebner.

Este aparato, ideado en 1855 por el general austriaco barón de Ebner, se compone (fig. 57, lám. 6) de dos discos de cristal s s , que giran al rededor de un eje horizontal por medio de una manivela K y se electrizan por su rozamiento con los cojinetes de cuero e , cuya superficie tiene una amalgama compuesta de 1 parte de zinc, 1 de estaño y 1,75 de mercurio. Una botella de Leyden sirve para acumular la electricidad desarrollada, á cuyo fin su armadura interior por medio de la varilla R y la punta p se carga de electricidad positiva; la pieza metálica h , que comunica con la armadura exterior, hace de polo negativo. La pieza r sirve de polo positivo, para lo cual se la pone en contacto con la esfera R por medio de la palanca z y x , que puede girar alrededor del eje y z ; t o es una lámina metálica que puede girar alrededor del punto b ; está en comunicación con la armadura exterior del condensador y sirve para medir su carga observando las chispas que atraviesan la distancia r o . Para emplear el aparato se unen los conductores á los polos r y h , se hace girar la máquina y, cuando el condensador está suficientemente cargado, se establece el contacto entre R y v , moviendo el brazo y x . Para preservar el aparato de los efectos de la humedad, se le encierra en una caja cuyas paredes son de cuero fuerte y la tapa de hojadelata; al emplearlo descansa sobre una mesilla de cuatro pies. U es un cajón que contiene los elementos necesarios para renovar la composición de oro musivo que cubre los cojinetes.

A fin de poder aplicar el aparato descrito á la inflamación de los hornillos de mina en campaña, se ha modificado como indica la figura 58 (lám. 6). Los discos son de menor diámetro y de guttapercha, con lo cual se evita el inconveniente de la fragilidad que presentan los de cristal. El condensador es un cilindro *C* formado por dos láminas metálicas separadas por un disco de cautchuc; las armaduras del condensador comunican con las piezas metálicas *n* y *p*, y esta última por medio de la esfera *g* unida á la punta *f*, se carga de electricidad positiva. La pieza metálica *a* puede comunicar con la esfera *g* por medio de la palanca *h*. *Fz* es otra palanca que sirve para medir la carga del condensador, y *b* una pieza metálica que comunica con la armadura interior y constituye el otro polo del aparato; *K* es el manubrio que sirve para hacer girar los discos. La máquina se coloca sobre un trípode cuando va á funcionar, y para protegerla de la humedad conviene tenerla dentro de una caja cuyas paredes sean impermeables. Este aparato funciona muy bien en tiempo seco, pero pierde casi todo su poder en tiempo húmedo, por la conductibilidad del vapor de agua y la gran tensión de la electricidad estática que facilita la descarga, en cuanto el cuerpo que la retiene se pone en contacto con otro conductor.

Hoy día se emplea en Austria, para la inflamación de las minas en campaña, el aparato representado en la figura 59 (lám. 6), ideado por el coronel de ingenieros Kosteritz. Dos discos de guttapercha *a* pueden girar por medio de la manivela *f* alrededor de un eje de acero *b*. Cuatro cojinetes unidos á dos piezas en forma de horquilla que abrazan los discos, dan lugar á un rozamiento suave; unos resortes *ff'* aumentan la presión que los cojinetes ejercen contra los discos. El condensador es cilíndrico; su armadura exterior se carga por medio de la punta *e* y la interior comunica, por medio de la varilla *n*, con el casquillo *x* (fig. 60, lám. 7). El otro casquillo *r* puede ponerse en comunicación con la esfera metálica *p*, para lo cual sirve la palanca acodada *vu*, cuyo brazo menor *u* va unido al vástago *t* que un resorte en hélice *e* tiende á elevar. Apretando el botón *s*, el brazo *v* toma la posición indicada de puntos y establece la comunicación entre *p* y *r*, por medio de la pieza metálica *w*, que parte del eje de giro de la palanca *vu*. La varilla *Q* sirve para medir la carga del condensador, á cuyo fin puede aproximarse cuanto se desee á la esfera *r*.

Para impedir que durante la carga del aparato ocurran explosiones prematuras, se forma, mientras aquella tiene lugar, un circuito corto, por la lámina metálica $o' o' o'$, que comunica con x y con r por medio del brazo de la palanca v . Cuando llega el momento de dar fuego se aprieta el botón s , el brazo v se pone en contacto con la esfera p y encontrando la electricidad cerrado el circuito corto, marcha por los alambres á inflamar el cebo. Este aparato va en una caja aisladora y herméticamente cerrada, á fin de que la humedad no penetre en su interior, en el cual hay un vaso b' que contiene cloruro de calcio, cuyo objeto es lograr que el aire que rodea á las diferentes partes de la máquina esté bien seco. Este aparato ha dado buenos resultados y cada compañía de ingenieros austriacos lleva en campaña una de estas máquinas, 700 metros de conductor aislado y 100 cebos de los que luego describiremos.

Con este aparato se puede dar fuego á hornillos que disten 3780 metros en las explosiones subterráneas y 640 en las submarinas; y con un conductor de cobre de 1 milímetro de diámetro y revestido se puede dar fuego á 300 cebos situados á 700 metros.

Máquina
electrostática
Ladd.

Es mucho más sencilla que las anteriores. Se compone (figs. 61 y 62, lám. 7) de una caja de ebonita, dentro de la cual hay un disco D de la misma substancia, de 0^m,3 de diámetro, que frota en el cojinete de cuero P , en cuya superficie hay una amalgama. S es una lengüeta de seda unida al frotador y C una lámina de latón casi en contacto con las dos caras del disco D : esta lámina hace el papel de colector. El condensador, situado en la parte inferior de la caja, es de láminas de estaño separadas por otras de ebonita. T y K son los casquillos que reciben los hilos que van al hornillo y P los que comunican con los polos del condensador. Para cargar el aparato se lleva el botón M hacia la izquierda hasta ponerle en contacto con el cojinete P . Para dar fuego se lleva la manivela M' hácia la derecha hasta poner en contacto los casquillos P con T y K .

Tanto este aparato como el austriaco son, á igualdad de peso, de mayor potencia que las máquinas dinamo y magneto-eléctricas; pero tienen el inconveniente de que la amalgama de los cojinetes se deteriora y hay que renovarla con frecuencia. Son muy sensibles á la acción de la humedad, resultan muy costosos y como la industria los emplea

poco y tienen por consiguiente poca salida, su construcción suele ser muy descuidada.

El brigadier Verdú fué el primero que aplicó á las minas la co-^{Disposición Verdú.}rriente de inducción. Su aparato se forma por la unión de una bobina Ruhmkorff y uno ó dos pares Bunsen (fig. 63, lám. 7). En la tablilla *M* de la bobina hay una pieza metálica que puede girar alrededor del punto *o* y ponerse en contacto con la plancha metálica *d* y el botón *z*. Los polos de la pila se ponen en comunicación con *k* y *z* y los extremos del hilo inductor comunican con *k* y *d*. Cuando el brazo *o* se pone en contacto con *d* y *z*, el circuito inductor queda cerrado. Los conductores que sirven para dar fuego á la mina se unen á los botones *m* y *n* que comunican con los extremos del hilo indicado. La manera de obrar de este aparato es de todo el mundo conocida por figurar en los tratados de física; tiene la ventaja de no exigir más que un sólo par para comunicar el fuego á grandes distancias, pero como existen otros que funcionan sin pilas, hoy día ya no se usa, substituyéndole con gran ventaja los explosores.

Se compone (fig. 64, lám. 7) de un imán en herradura que lleva en sus polos dos bobinas *B B'*. Una pieza de hierro dulce *F* unida á un mango, gira alrededor de un eje horizontal, cuando se da un golpe sobre el botón *P*. Un resorte *R* unido al brazo *Q*, está en contacto con el tornillo *Y* y este contacto no cesa hasta que la pieza *F* se halla á cierta distancia de las bobinas *B'*. Un muelle situado debajo del brazo *Q*, sirve para volver la pieza *F* á su posición primitiva. Un cerrojo *V*, que pasa por debajo del brazo ya citado, sirve de aparato de seguridad y debe tenerse corrido mientras no se vaya á dar fuego á la mina. Los extremos del hilo que rodea las bobinas van á parar á los botones *G* y *G'*, que comunican con los *D* y *D'* en donde se sujetan los conductores. Mientras el resorte *R* no abandone el tornillo *Y*, la corriente de inducción producida al separar la pieza *F* de las bobinas *B* sigue el circuito corto *B G R G' B'*, pues la que marcha al hornillo es de muy poca intensidad, por ser este circuito mucho más resistente. Al romperse el circuito corto, la corriente sigue el largo é inflama el hornillo. Para dar fuego á los cebos se unen los conductores á los botones *D* y *D'*, se descorre el cerrojo, y se da un golpe fuerte y seco al botón *P*. Las superficies de contacto entre *Y* y *R* deben estar muy limpias. Este aparato es muy sencillo y poten-^{Explosor Breguet.}

te. Entre 1 y 6 kilómetros las variaciones de distancia influyen muy poco. Nuestras compañías de minadores lo han adoptado para los parques de campaña. Hay tres tipos de este explosor, que pesan respectivamente 2,7 kilogramos, 8,5 y 10, y pueden inflamar 2, 8 y 12 cebos en circuito único.

Explosor
Markus.

Este se compone de una caja prismática, cuyo fondo y dos de las paredes opuestas $A A'$ (fig. 65, lám. 7), constituyen un imán de gran potencia; las otras dos paredes son de cautchuc endurecido y la tapa de cobre. Un eje de hierro B que atraviesa la caja, lleva una armadura $g d g' d'$, cuya forma está indicada en la figura 67 (lám. 7) y cuyo eje $O O$ lleva una bobina. Un resorte r empuja el eje B y le obliga á tomar un movimiento de rotación, de modo que la armadura que se hallaba antes en la posición indicada en la primera figura 66 (lám. 7) tiene después de la rotación la que manifiesta la segunda. Los polos de la armadura cambian, por lo tanto, de nombre y una corriente inducida recorre la bobina.

La corriente encuentra formados dos circuitos: uno corto, que forma el péndulo $c t' t$, cuya varilla A comunica con un extremo del hilo y es tangente á la circunferencia de un disco de cobre F , aislado del eje B , disco del cual parte un hilo l que cierra el circuito; el otro largo, formado por un hilo l' que partiendo de un extremo del electro-imán va á parar al botón P y un resorte s , que parte del fondo de la caja, comunica con el otro extremo del hilo de la bobina y va á parar á otro botón P' que sale también al exterior.

El aparato funciona como sigue: el resorte r que obliga á girar al eje B se sujeta por medio de un corchete u ; zafando aquel del corchete, el eje se pone en movimiento y se produce una corriente de inducción que recorre el circuito corto, hasta que detenido el eje, y siguiendo el péndulo $c t t'$ el movimiento que llevaba, en virtud de la velocidad adquirida, queda aquel interrumpido y la corriente se dirige por el largo. Este aparato tiene próximamente la misma fuerza que el Breguet, pero es más complicado y de mayor peso. El primero sólo pesa 6,910 kilogramos, el segundo 8,770. El coste es mucho mayor, 200 francos el del primero, 900 el del segundo. Además, cada vez que se va á emplear este aparato es preciso armarlo, es decir, hacer girar el eje y sujetar el resorte por medio del corchete, en tanto que en el aparato Breguet basta desco-

rrer el cerrojo. Además, al montar el Markus, se produce una corriente y si no se toma la precaución de no unir los conductores hasta despues de haberlo montado, puede ocurrir una explosión prematura. Con el Breguet esto no puede suceder.

Es un imán en herradura (fig. 68, lám. 7), entre cuyas ramas hay una bobina *B*, cuyo hilo tiene uno de sus extremos en comunicación con el botón *c* y el casquillo *1*, y el otro con la pieza *E* y el *2*. La pieza *E* lleva un resorte en hélice que tiende á levantarla, y con ella el estribo *G* unido al botón aislador *H*. Apretando éste, la armadura del electro-imán que lleva la bobina *B* se separa de aquel, y se produce por consiguiente en el hilo una corriente de inducción que se cierra en el mismo aparato. Al soltar el botón *B* se interrumpe el circuito y la extracorrente es la que inflama el cebo. Este explosor es muy sencillo. Los hay de varios tipos: el número 1 pesa 1,2 kilogramos, pero sólo inflama un cebo; el núm. 2, inflama tres; el núm. 3, inflama 10, y el núm. 4, inflama 20.

Explosor
Scola.

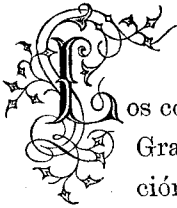
Es también muy sencillo (fig. 69, lám. 7). Entre las expansiones po-
lares de un electro-imán *A*, gira una armadura *F* que lleva una bobina. Se logra el giro apretando el extremo de la barra en cremallera *C* que transmite el movimiento al piñón *P*. Cuando la cremallera llega al final de su curso, oprime el resorte *D* y lo separa de la pieza *E*, rompiendo el circuito interior, lo cual da lugar á la extracorrente que inflama el cebo. Al principio hay que empujar despacio la cremallera *g* y rápidamente cuando ya ha descendido 4 ó 5 centímetros.

Explosor
de
cremallera.



CAPÍTULO TERCERO.

Conductores; metales que pueden emplearse; conductores revestidos; empalmes.—Cebos termo-eléctricos; fabricación.—Cebos Breguet, inglés, prusiano.—Aparato de prueba; su empleo—Resistencia y sensibilidad de estos cebos.—Cebos foto-eléctricos; fabricación.—Cebos Stateham, Beardslee, belga, ruso, Abel Mowbray, Canfield, alemán.—Cebos mixtos.—Sensibilidad y conductibilidad de los cebos foto-eléctricos.



Los conductores deben cumplir las siguientes condiciones: 1.^a—Gran conductibilidad eléctrica.—2.^a—Resistencia á la tracción.—3.^a—Poco peso.—4.^a—Flexibilidad, pues en campaña se transportan arrollados en las bobinas.

Con-
ductores.

Hasta hace poco el hierro tenía la ventaja de que, siendo muy usado en las líneas telegráficas, se podía hallar con facilidad en cualquier punto: esto, unido á la mayor resistencia á la tracción, daba lugar á que algunas veces se le prefiriera al cobre. Pero hoy día en que los alambres de cobre van ya substituyendo á los de hierro y gracias á los progresos de la industria ha aumentado la resistencia á la tracción y la conductibilidad de aquel metal aleándolo con otros, no vacilamos en afirmar que debe siempre preferirse para la inflamación de las minas y constituir el conductor reglamentario. Por tener una conductibilidad superior á la del hierro, el diámetro del alambre empleado puede ser más reducido, lo cual produce la doble ventaja de disminuir el peso y aumentar la flexibilidad, y por consiguiente, facilita considerablemente el transporte.

Hoy día no son de cobre puro los alambres más comunmente empleados, sino que se obtienen por la aleación del cobre con otros cuerpos, el fósforo, el silicio, el cromo, etc. Esta combinación tiene la ventaja de evitar las variaciones en la conductibilidad del cobre, producida por la presencia de cuerpos extraños, principalmente del óxido de cobre que, siendo aislador, disminuye la conductibilidad del metal. Por esta razón se ha intentado reducir dicho óxido en el momento de la fusión, incorporando al baño cuerpos que produzcan este efecto. Uno de los cuerpos empleados hace ya muchos años es el fosfuro de cobre, por cuya combinación se produce el bronce fosforoso. Más tarde se ha incorporado al baño de cobre, en fusión, una mezcla de fluosilicato de potasa y sódio metálico; el silicio puesto en libertad por la reacción que se produce, se une al cobre, produciendo el bronce silicioso. Aun cuando se ha combinado también el cobre con otros cuerpos, tales como el cromo y el magnesio, en las líneas telegráficas y telefónicas los bronce fosforosos y siliciosos son los únicos que encuentran aplicación.

Pueden emplearse también alambres de acero, pero estos no tienen más ventaja que presentar gran resistencia á la tracción, resistencia que en el caso que estudiamos es innecesaria.

En las líneas telegráficas se emplean también modernamente los alambres llamados compuestos, mixtos ó bimetálicos, que se forman con capas concéntricas de distintos metales. Uno de ellos tiene por objeto aumentar la resistencia mecánica y el otro la conductibilidad eléctrica. Generalmente el alma del conductor es de hierro ó acero y el revestimiento de cobre. Tampoco esta clase de conductores tiene aplicación en el caso que consideramos y para el cual creemos preferibles los alambres de cobre ó bronce de 1 á 2 milímetros de diámetro. Á continuación damos algunos datos referentes á estos alambres:

CLASE DE ALAMBRE.	Diámetro.	Peso por	Resistencia	Resistencia	Conductibi- lidad con relación al cobre puro.	
	Milímetros.	kilómetro.	á la ruptura por mm ² .	eléctrica por kilómetro.		
		Kilógramos.	Kilógramos.	Ohms.		
<i>Cobre puro</i>	1	7	28	20,57	100	
	1,5	15,75		9,14		
	2	28		5,14		
<i>Bronce telegrá- fico</i>	Tipo A.	1	45	21,28	97	
		1,5		15,75		9,45
		2		28		5,31
	Tipo B.	1	50	22,85	85	
		1,5		15,75		10,15
		2		28		5,71
<i>Bronce telefó- nico</i>	Tipo C.	1	56	25,70	80	
		1,5		15,75		13,11
		2		28		6,42
	Tipo D.	1	65	34,28	60	
		1,5		15,75		15,33
		2		28		8,57
	Tipo E.	1	75	48,98	42	
		1,5		15,75		21,77
		2		28		12,24

De estas tablas puede deducirse que, por lo común, el alambre de bronce telegráfico tipo A de 2 milímetros de diámetro será el más conveniente, pues reúne á la vez resistencia á la tracción y suficiente conductibilidad.

Es de esperar que en plazo breve pueda emplearse como conductor el alambre de aluminio, que por su ligereza resulta fácil de transportar. La densidad de este alambre es de 2,7, es decir, próximamente 0,3 de la del cobre. En cambio su resistencia específica es casi doble de la del cobre puro; pero este inconveniente no compensa con mucho la anterior ventaja. En efecto, si llamamos K , l s la resistencia específica, longitud y sección de un alambre de cobre, el valor R de la resistencia total será

$$R = \frac{K l}{s}$$

y si suponemos que sea p el peso de este alambre y d la densidad

$$p = l s d \quad \text{y} \quad s = \frac{p}{l d}$$

por consiguiente

$$R = \frac{K l^2 d}{p}$$

Llamemos p' al peso de un alambre de aluminio de igual longitud y resistencia que el de cobre; tendremos

$$R = \frac{K' l^2 d'}{p'}$$

pero acabamos de ver que $d' = 0,3 d$ y $K' = 2 K$; luego

$$R = \frac{2 K \times 0,3 d \times l^2}{p'};$$

de donde

$$\frac{0,6}{p'} = \frac{1}{p} \quad \text{y} \quad p' = 0,6 p;$$

de modo que un alambre de aluminio pesá un poco más de la mitad que el de cobre de igual longitud y resistencia eléctrica.

El aluminio puro tiene, según parece, una resistencia á la tracción algo menor que la del cobre; pero hasta ahora no se conocen suficientemente las propiedades mecánicas del alambre de este metal. De todos modos no nos parece difícil que se llegue á obtener un bronce de aluminio que, sin resultar mucho más pesado ni menos conductor que el aluminio puro, sea más resistente á la tracción.

Por lo común, y dada la dificultad que existirá en campaña para establecer una buena comunicación con tierra, se suelen emplear cables análogos á los de la telegrafía militar, es decir, compuestos de dos conductores aislados entre sí. El empleo de estos facilita considerablemente la instalación de la línea, pues evita tender dos conductores separados. En caso de que se emplee la comunicación con tierra es preciso establecerla perfectamente y aprovechar, siempre que se pueda, el agua corriente ó estancada.

Si los conductores están sin aislar, no deben quedar nunca en contacto con el suelo. A este fin en las galerías de mina se sostienen por medio de tacos de madera (fig. 70, lám. 8) ó aisladores de porcelana, unidos á los pies derechos de los montantes. Al aire libre pueden emplearse pos-

tes y aisladores, ó bien fijarlos á las cestonadas, si se emplean en el ataque de las plazas. Cuando sea inevitable enterrarlos, deben revestirse.

Los empalmes entre los conductores deben hacerse con mucho cuidado. Para que el aislamiento no quede en ellos interrumpido, se suelen cubrir con un tubo de cautchuc, cuyos extremos se atan á los conductores con bramante (fig. 71, lám. 8), ó con tiras de cautchuc que rodean los conductores en hélice y se sueldan entre sí, y con la envoltura aisladora de aquéllos con bencina (fig. 72, lám. 8). Otras veces se envuelve el empalme con una tela impregnada en aceite de linaza ó en una disolución de cautchuc en aceite de linaza. Si los empalmes han de quedar en el agua ó en sitios muy húmedos, se cubren los extremos con un mastic de lacre disuelto en trementina. La figura 73 (lám. 8) indica cómo se disponen las bifurcaciones.

Cuando hay que emplear conductores de distintos metales conviene recurrir á la soldadura para evitar la influencia de la fuerza electromotriz del par formado por la unión de los metales.

Las partes de conductor que quedan dentro del atraque deben hallarse revestidas é introducirse en canales ó ranuras hechas en listones de madera; si no se tuviera conductor revestido ni tubos, ó tiras de cautchuc, para revestirlo, puede revestirse con bramante ó con tiras de papel impregnadas en pez.

Se componen de un hilo de platino de 0^m,003 á 0^m,011 de longitud y 0^m,000005 á 0^m,00005 de diámetro, soldado á los extremo de los conductores de cobre, por medio de una aleación compuesta de una parte de plomo y dos de estaño. El hilo de platino no es recto, sino en hélice, y se rodea de una capa de algodón-pólvora, que se inflama, y da fuego á un cartucho de polvorín que se halla en contacto con aquél. Las razones que han conducido á la adopción del platino para la formación de este cebo, son: primera, la gran tenacidad de este metal; segunda, ser difícilmente oxidable. No son indiferentes las dimensiones de dicho hilo, pues cuanto mayor es su longitud presenta más resistencia, y cuanto menor es el diámetro, su temperatura se eleva más fácilmente. El colocar el hilo en hélice tiene por objeto que cada espira accione sobre la siguiente, aprovechándose así mejor el calor radiado se aumentar la superficie del algodón-pólvora en contacto con el platino, y finalmente, hacer

Cebos termo-eléctricos.

el hilo más elástico para que resista mejor á los choques ocasionados por los transportes.

Los cebos termo-eléctricos se construyen como á continuación se indica: se toma un conductor de cobre, cubierto de guttapercha, y se le da la forma indicada en la figura 74 (lám. 8); se retuercen, una alrededor de otra, las dos ramas rectas, dejando en la parte superior una lazada, para lo cual sirve el tarugo tronco-cónico de madera, colocado como indica la figura 75 (lám. 8); dispuesto el conductor de cobre como manifiesta la figura 76 (lám. 8), se da á la lazada un corte de sierra, á fin de que quede en la disposición de la figura 77 (lám. 8); los extremos *ay a'* se aplastan (fig. 78, lám. 8), y por medio de la aleación de estaño y plomo se suelda á ellos la hélice de platino (fig. 79, lám. 8), que se habrá formado sujetando á un banco de carpintero una aguja de hacer media, de 0^m,0006 de diámetro, y enroscando á su alrededor (fig. 80, lám. 8) el hilo de platino. Hechas las operaciones anteriores se rodea la hélice de algodón-pólvora y se cubre la lazada con un cartucho que contenga pólvora ordinaria, quedando el cebo como indica la figura 81 (lám. 8). Si el cebo ha de servir para inflamar cargas de dinamita ó algodón-pólvora, es necesario agregar á él una cápsula de fulminato de mercurio, pues de lo contrario no tendría lugar la explosión.

En campaña puede fabricarse muy fácilmente un cebo de esta clase como indica la figura 82 (lám. 8). *a b c d* es un tarugo de madera al que se atan los conductores de cobre que se introducen en la ranura de la cara superior y de modo que sus extremos disten la cantidad ya indicada. Se suelda á ellos la hélice de platino, que se rodea de algodón-pólvora y se cubre el conjunto así formado con un cartucho de pólvora sola ó pólvora y una cápsula de fulminato, según sea el agente explosivo que se trate de inflamar.

Con objeto de que todos los cebos tengan igual resistencia y puedan emplearse en las explosiones simultáneas, en vez de emplear un alambre de platino, que siempre contiene alguna impureza, se emplea una aleación formada con 90 partes de platino y 10 de iridio.

En la Escuela práctica de 1891, en Conanglèll, el capitán D. Arturo Vallhonrat fabricó estos cebos del modo que vamos á indicar, tomándolo de la Memoria relativa á dicha Escuela práctica (fig. 83, lám. 8).

Se empezó por tornear un núcleo de la forma indicada en la figura 83, é introducir luego por las canales *a* y *b* dos hilos aislados, que seguían después la ranura central. Esto no presentó dificultad alguna, pero sí la confección de la hélice de hilo de platino, que era de $\frac{1}{43}$ de milímetro de diámetro y por tanto muy difícil de manejar.

El procedimiento empleado fué el siguiente: se arrolló el hilo de platino á un cartón grande, una tarjeta de visita, por ejemplo; el extremo exterior se sujetó con la mano izquierda á uno de los pedazos de alambre que servían de conductor, y con la mano derecha se iba arrollando hasta formar seis vueltas de hélice; el extremo libre del alambre de platino se introducía en cloruro de zinc y luego se ponía en contacto con el extremo, ya descubierto y limpio, de uno de los conductores que atravesaba el núcleo de madera, y se procedía acto seguido á la soldadura de dichos extremos por medio de una gota de estaño. Hecho esto se ponía el otro extremo de la hélice, aún unida al alambre devanado, en contacto con el extremo del segundo conductor y se procedía á soldarlos, limpiando también preliminarmente con el cloruro de zinc el extremo del alambre de platino. Terminada la soldadura, se cortaba éste con unos alicates de corte. Se llegaron á construir de este modo 50 cebos por hora.

Para concluir la confección del cebo, faltaba colocar el algodón-pólvora que ha de inflamarse al enrojecerse el hilo de platino, y comunicar el fuego al fulminato indispensable para el caso de pólvoras vivas. Se empezó por colocar una bolita de algodón-pólvora entre la hélice y el núcleo *g*, de modo que rodeara bien á la primera; luego se colocó un tubito de cartón que se introducía hasta que tocara al primer rebajo; este tubito se llenó de algodón-pólvora, procurando que no quedaran huecos, pero que tampoco resultara apretado, pues se vió que en estos dos casos los cebos fallaban; finalmente, se introdujo la cápsula fulminante hasta que su extremo se apoyara en el segundo rebajo del núcleo. Hay que tener cuidado de establecer el contacto entre el fulminato y el algodón-pólvora, á fin de evitar que el cebo falle. Todos los que se fabricaron cumpliendo con estas condiciones, dieron muy buen resultado, y se evitó la molestia de tener que acudir al extranjero para adquirir esta clase de cebos, que resultaron además muy económicos.

Cebos
Breguet
y prusiano.

Está representado en la figura 84 (lám. 8). Los conductores atraviesan un tapón de madera que constituye el fondo de la bolsa que contiene el polvorín *b*. *a* es otro tapón de corcho. La figura 85 (lám. 8) representa el cebo prusiano. Los conductores son de cobre, atraviesan un cilindro de corcho y terminan en gancho. Al cilindro de corcho se le ata otro de papel que contiene la pólvora para dar fuego á la carga.

Cebo inglés

El cebo usado por el cuerpo de ingenieros inglés, consiste (fig. 86, lámina 8) en un núcleo de azufre ó guttapercha *b*, rodeado de ebonita *a* y que termina en una cápsula de estaño *e*, soldada al forro de latón *f*. La cápsula *e* contiene el fulminato. El hilo de platino tiene 0^m,0001 de diámetro y 0^m,006 de longitud, y se suelda á dos ranuras hechas en los conductores *c*.

Cebo
Mac-Evoy.

En el cebo Mac-Evoy, los conductores (fig. 86^{bis}, lám. 8) están contenidos en un núcleo de azufre y vidrio machacado *a*. *f* es la cápsula del fulminato que se fija al cebo en el momento de emplearlo.

Aparato
para exami-
nar el esta-
do de los
circuitos.

En un circuito formado con una pila y un cebo de platino, conviene cerciorarse del estado de los elementos que entran en él, así como del total del circuito, y á este fin sirve un aparato de prueba, que puede tener diferentes formas. Describiremos el empleado en las experiencias hechas en Montpellier. El aparato se compone de un galvanómetro, una bobina de resistencia y un conmutador para cuando hay que dar fuego á varios hornillos sucesivamente. En una tablilla oval (fig. 87, lám. 8) hay un galvanómetro *K*, cuyo carrete comunica con el botón *P* y el eje del conmutador *C*. El resorte de éste puede ponerse sobre los botones 1, 2, 3, 4, 5, que por medio de cintas metálicas comunican con *b b' b''* etc. La bobina *R* comunica con los botones *p* y *a*, y entre dichos botones hay dos placas metálicas *m* y *n* que pueden ponerse en comunicación por medio de una clavija de cobre que entra en el orificio que las separa. La disposición de la bobina *R* se modificó después, porque se notó que la corriente que recorría el hilo arrollado en ella, influía en la desviación de la aguja del galvanómetro. Para evitarlo se substituyó la bobina por una polea de madera (fig. 88, lám. 8) con dos gargantas, en las que se arrollaban en sentidos contrarios las dos mitades del hilo, de modo que sus efectos se compensaban. La resistencia de este hilo equivalía á 1500 metros de alambre de cobre de 2 milímetros, de modo

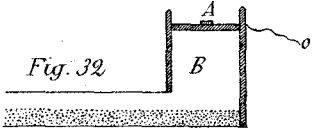


Fig. 32

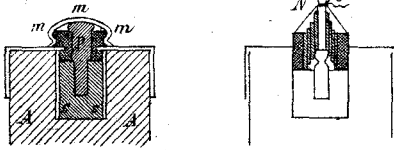


Fig. 34

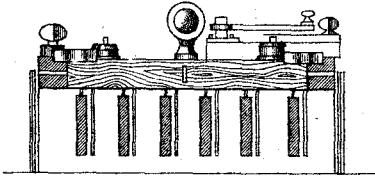


Fig. 36

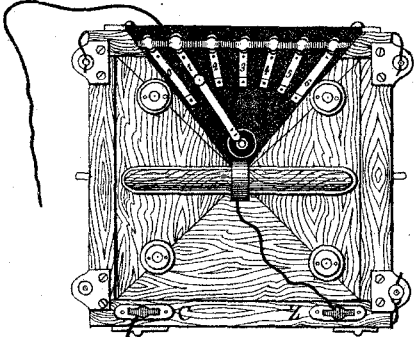


Fig. 33

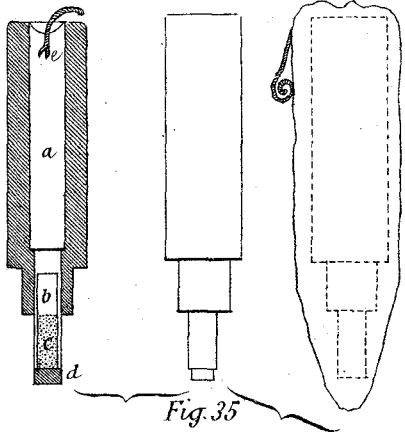


Fig. 35

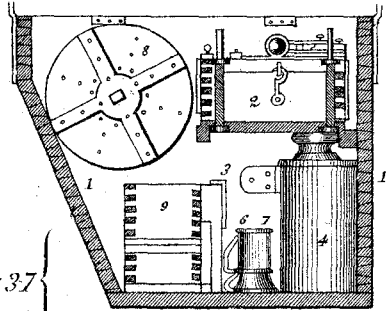


Fig. 37

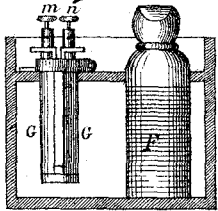
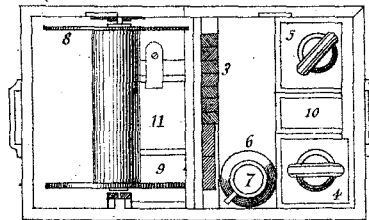


Fig. 38

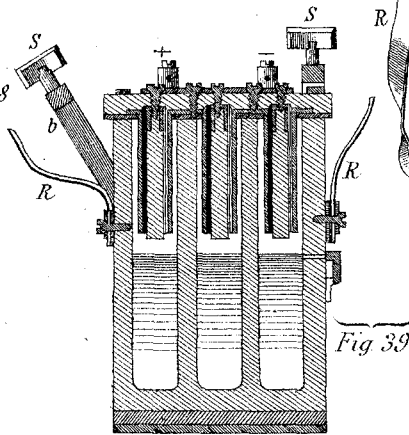
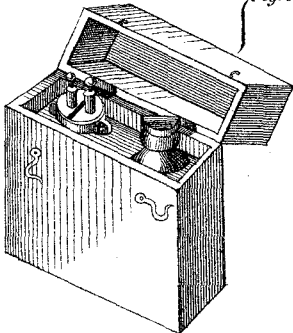
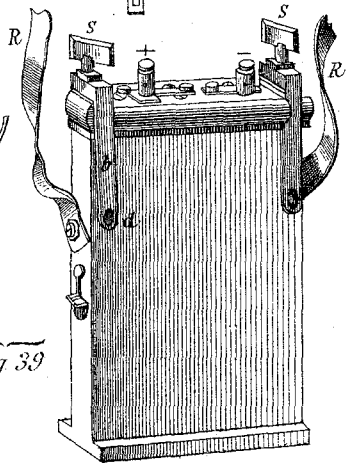


Fig. 39



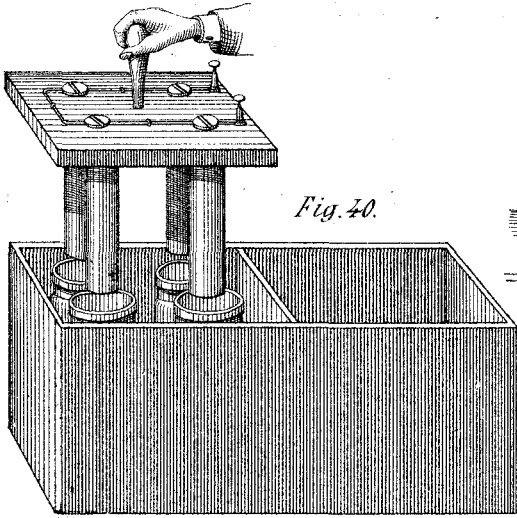


Fig. 40.

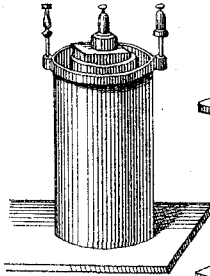


Fig. 42.

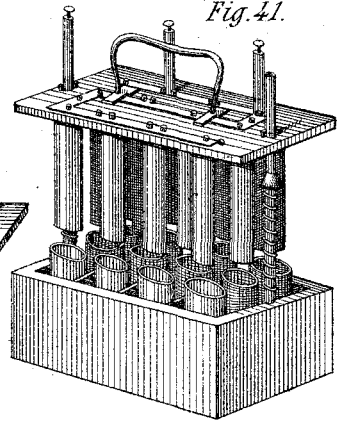


Fig. 41.

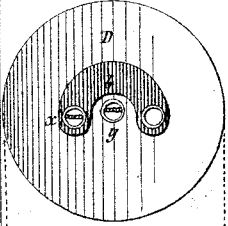


Fig. 44.

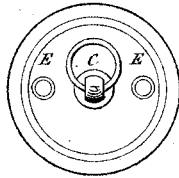


Fig. 46.

Fig. 43.

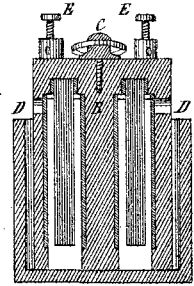
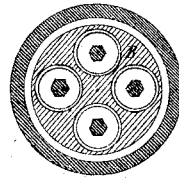


Fig. 45.

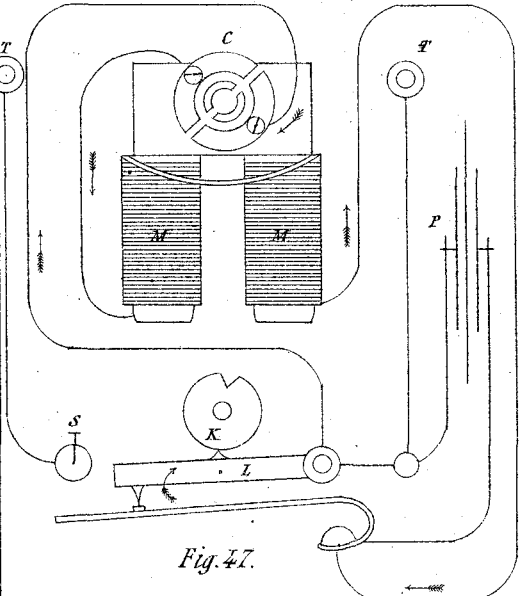
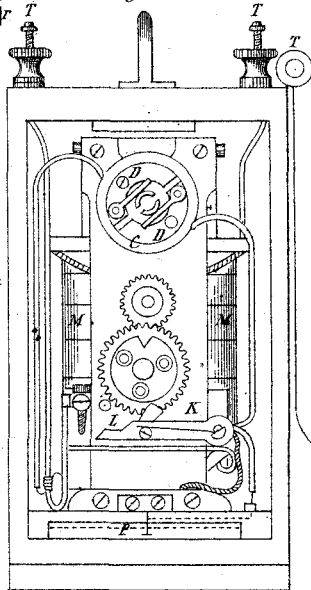
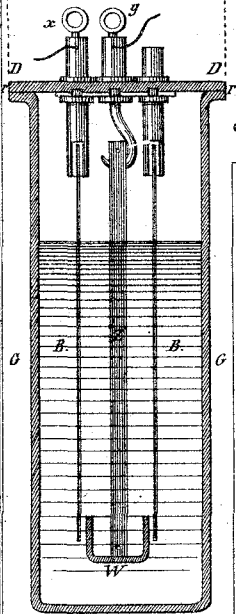
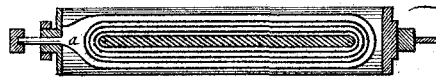
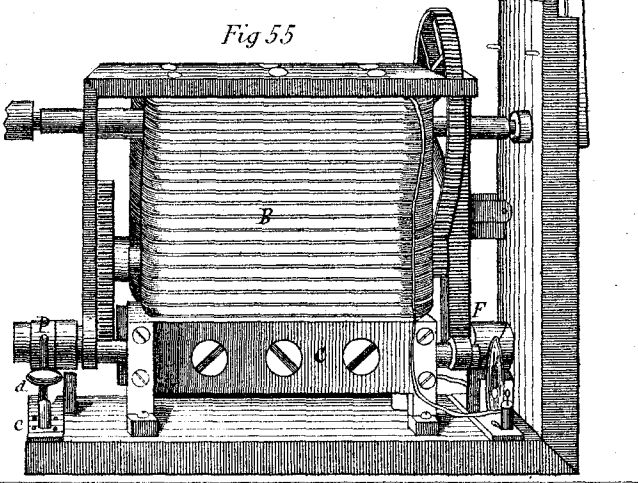
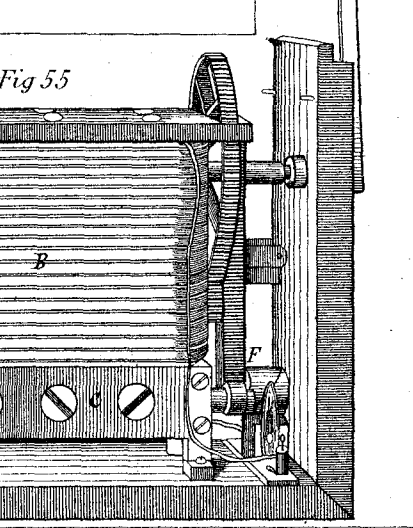
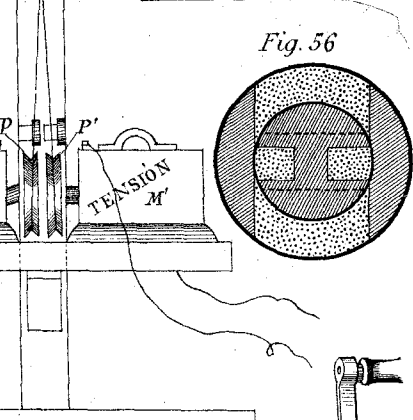
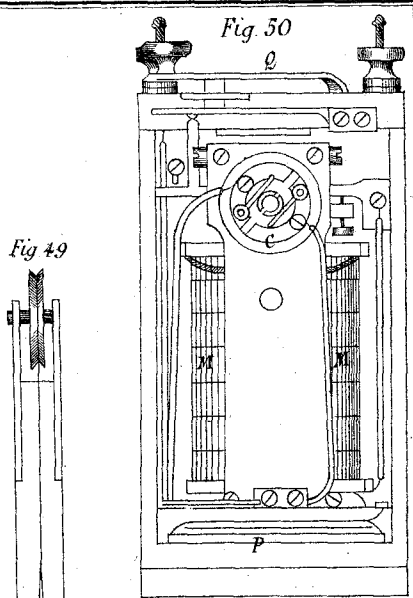
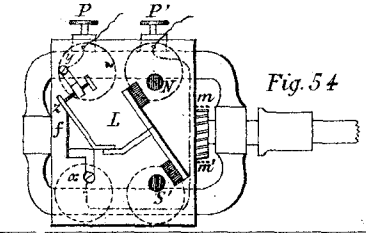
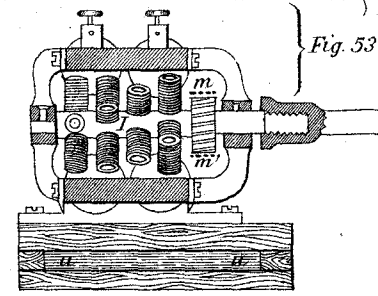
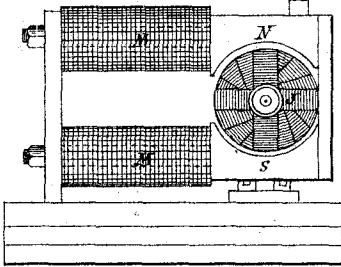
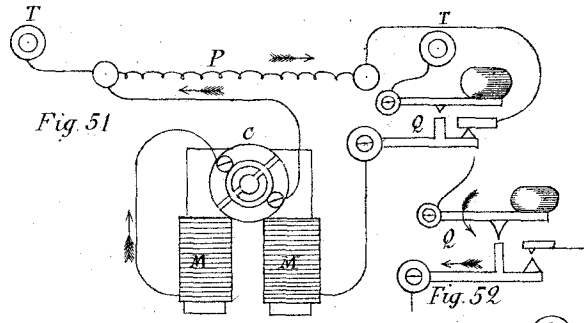
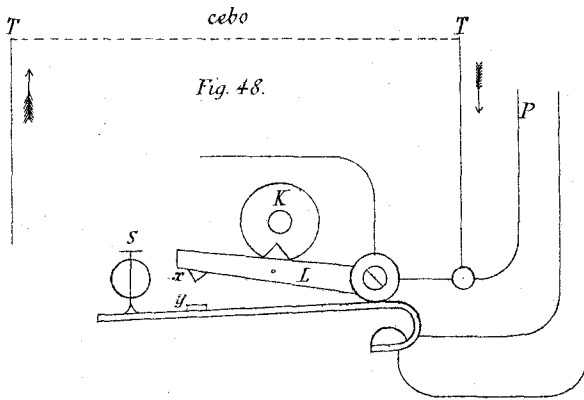


Fig. 47.



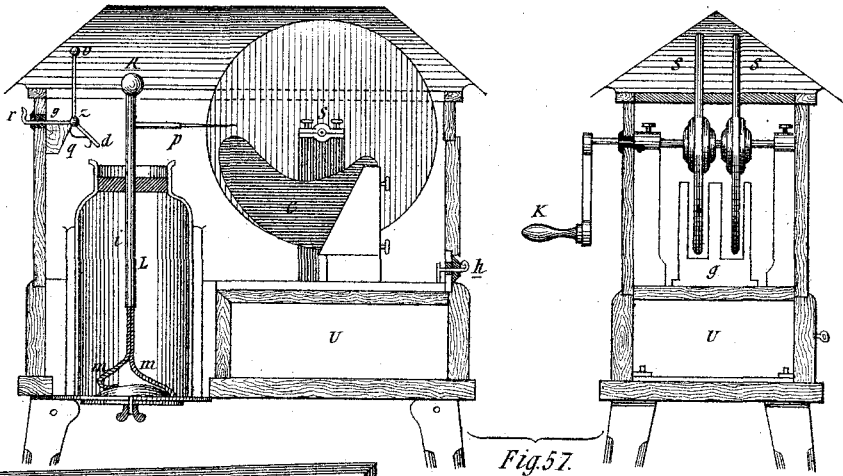


Fig. 57.

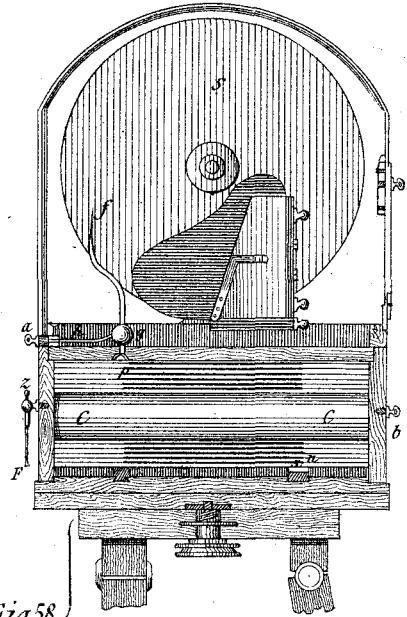
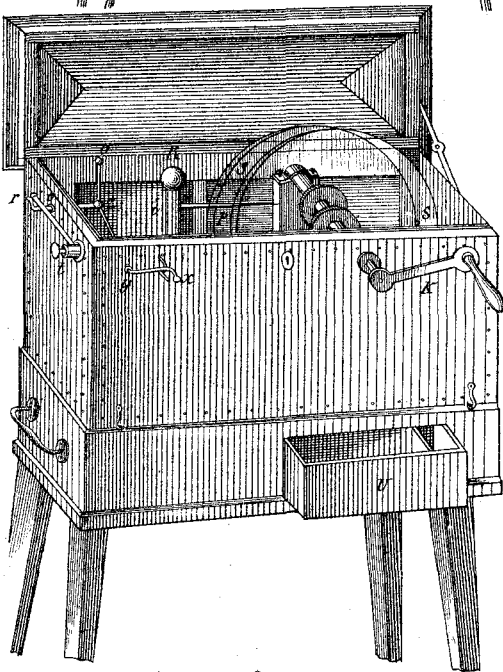


Fig. 58.

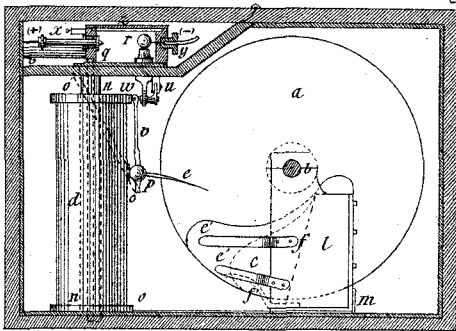


Fig. 59.

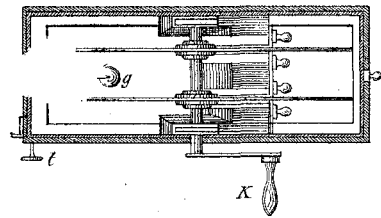


Fig.^a 60.

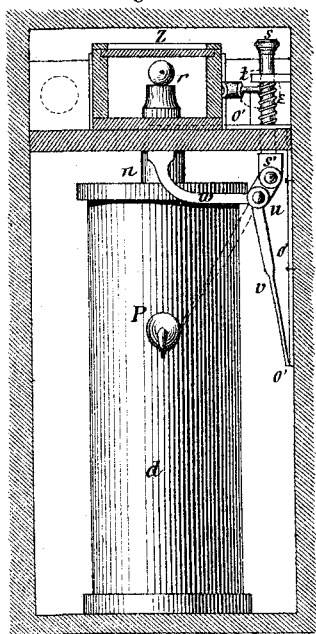


Fig.^a 61.

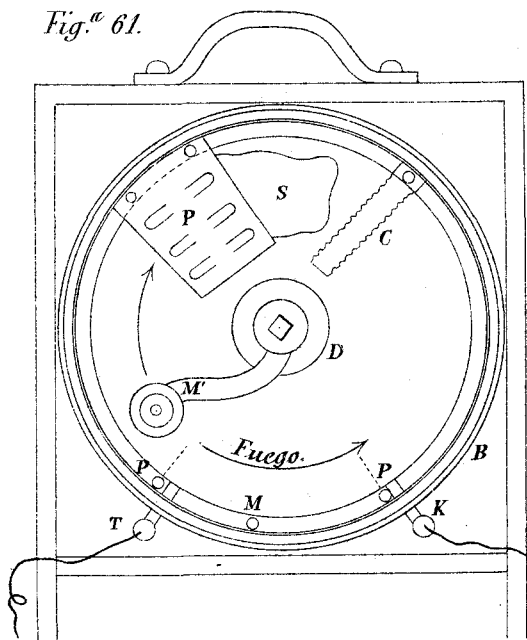


Fig.^a 62.

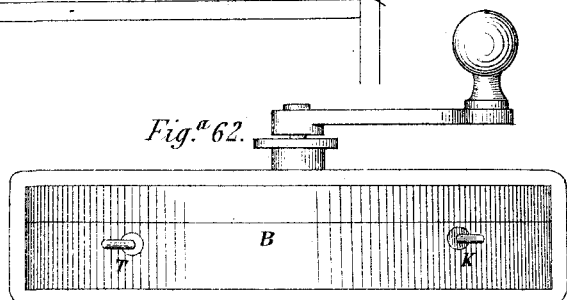


Fig.^a 63.

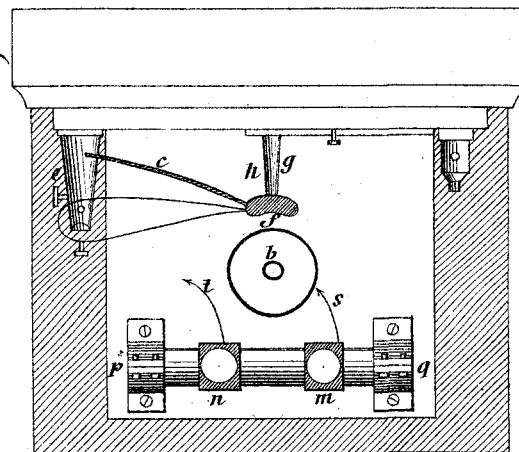
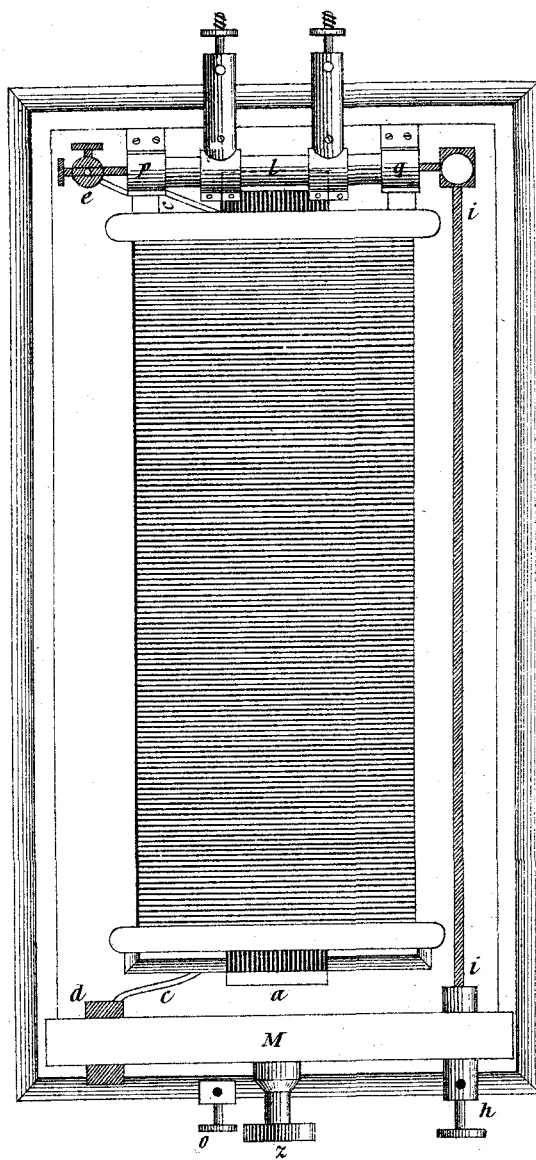


Fig.^a 65.

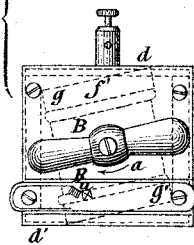
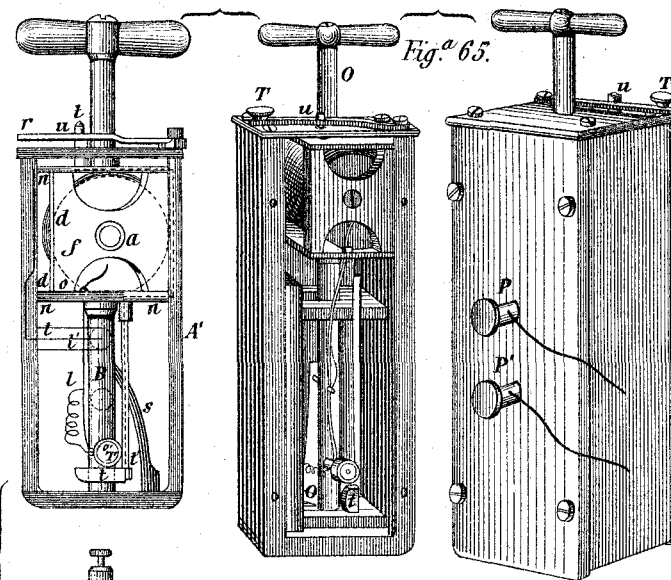


Fig.^a 64.

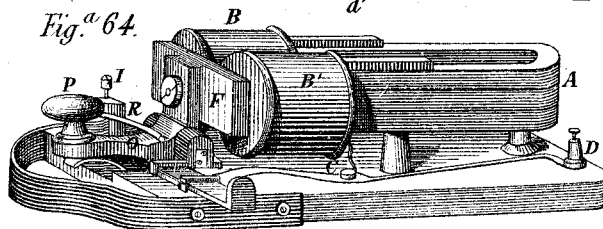


Fig.^a 66.

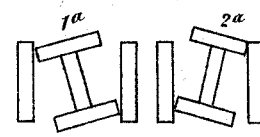


Fig.^a 67.

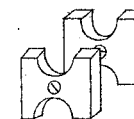


Fig.^a 69.

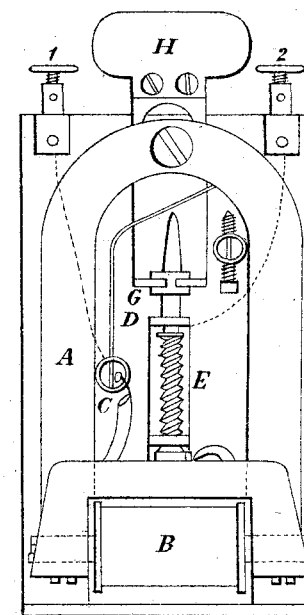
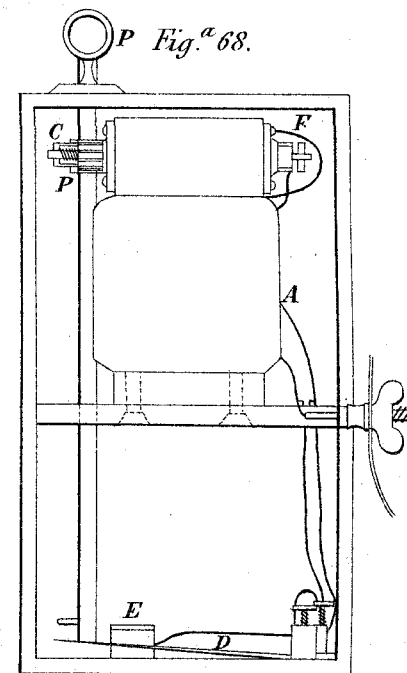


Fig.^a 68.



que era imposible dar fuego al hornillo empleando un par; con la pila usada y con un sólo par no se podían inflamar hornillos situados á distancias superiores á 350 metros (suponiendo que se emplea alambre de cobre de 2,7 milímetros). Los polos de la pila se unen á los botones *p* y *a* y los conductores de los hornillos al botón *o*, uno de cada hornillo, y á los *b*, *b'*, etc. los otros (fig. 89, lám. 8). En campaña puede obtenerse fácilmente un galvanómetro de prueba introduciendo una brújula dentro de un carrete de madera, que se rodea con 20 ó 30 vueltas de hilo de cobre revestido de seda. Creemos que sería muy conveniente dar á las compañías de minadores un galvanómetro de prueba dispuesto como indica la figura 90 (lám. 8), con el cual se podrían efectuar varias comprobaciones.

Estudiamos ahora el uso que puede hacerse de este aparato.

1.º *Prueba de los conductores.*—Cuando se emplea un conductor conviene cerciorarse de si se halla en buen estado y para ello basta poner uno de sus extremos en comunicación con *p*₁ y el otro con *b*, por ejemplo; y suponiendo los botones *p* y *a* en contacto con los polos de la pila, si el conductor no presenta solución de continuidad, la aguja desvía. En todas las experiencias de que vamos á ocuparnos se supone quitada la clavija, que sólo debe colocarse en el momento de ir á dar fuego. Si se emplea como conductor un cable Trouvé, es preciso convencerse de que los dos alambres que le componen están aislados; para ello se toma el extremo de uno de los dos alambres y se pone en contacto con *o*; luego se ponen los dos extremos del lado opuesto del cable, sucesivamente en contacto con los *b*; si sólo marca el galvanómetro desviación cuando se establece uno de los contactos, el aislamiento es completo; si la hay al establecerse los dos, los hilos del cable comunican entre sí; si no se observa desviación, hay en uno de los hilos una solución de continuidad; en los dos últimos casos el cable debe desecharse.

2.º *Pruebas del cebo.*—Durante la fabricación del cebo conviene cerciorarse de que después de dado el corte de sierra y antes de soldar el alambre de platino no hay comunicación entre los conductores de cobre; además es preciso convencerse de que durante las operaciones que hemos dado á conocer, el alambre de platino no se rompe. Todo esto se logra formando el circuito como indican las figuras 91 y 92 (lám. 8);

en el primer caso el galvanómetro no debe desviar y en los demás sí.

3.º *Prueba de los circuitos completos.*—Para esto, una vez cargado el hornillo y dispuesto el circuito de modo que sólo falte dar fuego, no hay más que ir colocando el resorte del conductor sobre los botones *b, b, etc.*, y observar si el galvanómetro desvía.

4.º *Determinación de la fuerza de la pila.*—Conviene averiguar antes de dar fuego si la pila tiene fuerza bastante para producir la explosión. Para esto nos valdremos de una propiedad que demostraremos más adelante y en virtud de la cual, cuando el circuito exterior de una pila es nulo ó muy pequeño, la intensidad de la corriente es la misma, cualquiera que sea el número de elementos. Esto supuesto, se coloca el resorte del conmutador sobre *o*, se introduce la clavija entre *m* y *n*, y se mide la desviación de la aguja; si ésta es la que corresponde al elemento tipo de la clase que se emplea, es prueba de que la pila se halla en buen estado: de lo contrario, está averiada.

5.º *Inflamación de los hornillos.*—Para lograrla se disponen los circuitos como indica la figura 89 (lám. 8); se introduce la clavija entre *m* y *n* y hace que el resorte del conmutador recorra los botones *p, p., p., etc.* Si algún hornillo no se inflama, se observa la aguja del galvanómetro y puede suceder que dé una desviación menor ó mayor que la que indica una corriente de fuerza necesaria para producir la explosión; lo primero nos indicará que la pila no tiene fuerza suficiente para vencer las resistencias que le opone el circuito; lo segundo, que hay una derivación, que puede ser debida á un contacto entre los conductores ó á haberse mojado la pólvora.

Puede emplearse con igual objeto la caja de ensayos de Ducretet (fig. 93, lám. 8), que se compone de un galvanómetro, una pila y un interruptor. El galvanómetro *G* es de agujas astáticas; una barra imanada, que puede moverse por medio de una palanca que sale al exterior de la caja, sirve para fijar en cero el galvanómetro cuando no pasa corriente; esta barra se sujeta durante los transportes por medio de la palanca *P*. La pila va en una caja *T*, situada debajo del galvanómetro y puede salir á corredera. La constituye un sólo elemento, cuyo electrodo positivo es una hoja de cobre que reviste la parte inferior de la tapa y comunica con el casquillo *E'*₁; el fondo de la caja corredera es de zinc

amalgamado y el intervalo entre la tapa y el cobre se llena con una esponja ó fieltro humedecido con agua acidulada. Esta pila da una corriente muy débil, pues su f. e. m. es de 0,9 volts y su resistencia interior de cerca de 200 ohms. Para entretenerla basta renovar la esponja y si hay que amalgamar el zinc se le cubre con mercurio y agua acidulada y se frota.

El interruptor es una placa de ebonita con tres casquillos, $G +$ y $-$; el $+$ que se halla en la parte inferior lleva un brazo metálico I , que puede girar alrededor de un eje horizontal y ponerse en contacto con la lámina H para cerrar el circuito de la pila.

Para emplear este aparato se opera como sigue:

1.º *Prueba de los conductores.*—Un extremo se lleva á G y el otro á $+$; el galvanómetro debe desviar si el conductor se halla en buen estado. Los cebos se prueban de igual modo.

2.º *Prueba de aislamiento.*—Un polo de la pila se lleva á tierra; el otro se une al extremo del conductor y el otro extremo de éste al galvanómetro. En este caso no debe haber desviación, ó debe ser muy pequeña.

3.º *Prueba del circuito completo (cebo y conductores ya colocados y en disposición de dar fuego).*—Se llevan los extremos libres de los conductores á G y $+$ y se cierra el interruptor; si el circuito está en buen estado, habrá desviación; si ésta fuera muy grande, demostraría, ó una gran derivación próxima al aparato ó contacto entre los conductores; si fuera nula, interrupción en el circuito.

Este aparato es sumamente portátil; el anteriormente descrito puede improvisarse con facilidad; uno y otro pueden servir de norma para construir con los elementos que se tengan á mano un aparato de pruebas.

La circunstancia de poder comprobar en cualquier momento, y sin recurrir á aparatos complicados, el estado de los circuitos, es indudablemente la gran ventaja de los cebos termo-eléctricos, que tienen además la de que su fabricación y conservación resultan relativamente fáciles: tanto es así, que han podido fabricarse, como ya hemos dicho, en la Escuela práctica de Conanglell, lo cual no se pudo lograr con los foto-eléctricos por la dificultad de encontrar elementos químicamente puros.

Al probar los cebos termo-eléctricos es preciso emplear corrientes

débiles, á fin de que no se inflamen. Por medio de un conmutador de pila puede aumentarse ó disminuirse el número de pares de aquella, según se desee inflamar el cebo ó sólo probarlo, ó bien puede emplearse una resistencia que se introduzca en el circuito cuando se efectúen los ensayos.

Resistencia
y sensibili-
dad de los
cebos ter-
mo-eléctri-
cos.

En los cebos termo-eléctricos conviene determinar su resistencia y su sensibilidad. Lo primero se logra disponiendo el puente de Wheatstone como indica la figura 94 (lám. 8): R es el cebo, P la pila, C una resistencia conocida, $E F$ un alambre de platino paralelo á una escala graduada, de modo que al pasar por él el extremo libre del hilo que parte de P y marcar o el galvanómetro G indique la resistencia del cebo.

En cuanto á la sensibilidad del cebo, está evidentemente ligada con la resistencia; pero ésta no basta para determinarla, pues esta sensibilidad depende evidentemente de la temperatura necesaria para inflamar el cuerpo en contacto con el hilo de platino, de modo que la naturaleza de aquél influye en el fenómeno; además hay que tener en cuenta la pérdida de calor por radiación y contacto, que es mayor en los extremos que en el centro, lo que hace que la temperatura no sea uniforme en toda la longitud del hilo. Según el coronel Sebert, lo que da mejor idea de la sensibilidad de un cebo de esta clase es el tiempo que transcurre desde que se cierra el circuito hasta que se verifica la explosión; según las experiencias de dicho jefe, este tiempo es para los mejores cebos que hoy se fabrican de 0,02 á 0,03 de segundo. Cuanto menor sea este tiempo, el cebo se hallará en mejores condiciones, sobre todo para emplearlo en explosiones simultáneas.

La resistencia de los cebos termo-eléctricos no conviene que sea inferior á 1 ohm; por lo común, dicha resistencia es, á la temperatura de inflamación, de 2 á 2,5 ohms.

Si no se tuviera á mano un puente de Wheatstone, podría determinarse como sigue. Fórmese con una pila, un conductor y el cebo un circuito, y disminúyase la longitud del conductor hasta que el cebo estalle; pónganse luego dos cebos iguales en vez de uno y quítase la longitud de conductor necesaria para que se inflamen los dos; sea I la intensidad de la corriente necesaria para la inflamación del cebo; ρ la resistencia de éste; r y r' las del conductor en cada uno de los casos; en el primero

$$I = \frac{E}{R + r + \rho};$$

en el segundo

$$I = \frac{E}{R + r' + 2\rho};$$

luego

$$\rho = r - r',$$

y llamando l y l' á las longitudes de los conductores, s á su sección y c la resistencia específica

$$\rho = c \frac{l - l'}{s};$$

c es la resistencia de un cubo de la substancia empleada, cuyo lado es igual á la unidad. La resistencia específica del cobre es

$$c = 0,0000000166 \text{ ohms}$$

tomando por unidad el metro. De aquí se deduce que la resistencia de un hilo de cobre cuya longitud sea igual á 1 metro y la sección de 1 milímetro cuadrado, será

$$\frac{0,0000000166}{1000000} = 0,0166 \text{ ohms.}$$

Si el conductor tiene una longitud l metros y una sección s milímetros cuadrados, su resistencia será

$$0,0166 \frac{l}{s} \text{ ohms,}$$

si es de cobre, y si es de otro metal cualquiera, llamando c' su coeficiente de resistencia con relación á la del cobre,

$$0,0166 \frac{l c'}{s} \text{ ohms;}$$

de modo que la fórmula anterior puede ponerse bajo la forma

$$\rho = 0,0166 c' \frac{l - l' (1)}{s}$$

Para el hierro $c' = 7$ próximamente.

Para los alambres de bronce, cuyos datos hemos dado á conocer anteriormente, el valor de c' es el que á continuación se indica:

Bronce telegráfico.	{Tipo A.	1,04
	{Tipo B.	1,17
Bronce telefónico.	{Tipo C.	1,25
	{Tipo D.	1,66
	{Tipo E.	2,40

La resistencia del cebo es mayor cuando se enrojece, á consecuencia de la elevación de temperatura, que á la ordinaria. Para determinar este aumento de resistencia sirven las fórmulas

$$\rho_t = \rho_0 (1 + 0,00247 t). \quad \text{Hilo de platino puro.}$$

$$\rho_t = \rho_0 (1 + 0,00133 t). \quad \text{Hilo de iridio y platino.}$$

$$\rho_t = \rho_0 (1 + 0,00025 t). \quad \text{Hilo de plata y platino.}$$

Si suponemos, por ejemplo, que el cebo tiene en frío una resistencia de 1,5 ohms, y que el hilo es de iridio platino, como la temperatura necesaria para inflamar el algodón-pólvora que le rodea es de 180° próximamente, el valor de ρ_t será

$$\rho_t = 1,5 (1 + 0,00133 \times 180) = 1,5 \times 1,2 = 1,8 \text{ ohms.}$$

El número de calorías necesario para la inflamación del cebo puede calcularse por la fórmula

$$q = p z \theta,$$

en que p representa el peso del hilo de platino, z la capacidad calorífica y θ la temperatura necesaria para la inflamación de la pólvora.

Ahora bien, como cada caloría equivale á 425 kilogrametros, podemos establecer

$$425 q = 425 (p z \theta) \text{ kilogrametros.}$$

(1) No hay que olvidar que en esta fórmula l ha de expresarse en metros y s en milímetros cuadrados.

Pero por otra parte la pila que ha de inflamar el cebo, desarrolla un trabajo de $E I$ wats por segundo y durante el tiempo t necesario para inflamar el cebo $E I t$, y como cada wat equivale á $1/10$ de kilográmetro, podemos escribir

$$425 (p \neq 0) = \frac{E I t}{10},$$

ecuación que puede servir para determinar el trabajo que la pila ha de efectuar para inflamar el cebo; este trabajo tiene por valor

$$E I t = 4250 (p \neq 0).$$

Si el cebo es un hilo de platino de $0^m,008$ de longitud y $0^m,00005$ de diámetro

$$p = 0,00000033 \text{ kilogramos} \quad z = 0,0324 \quad \theta = 180^\circ$$

$$E I t = 0,0076 \text{ kilográmetros} = 0,076 \text{ wats.}$$

Haciendo $t = 0'',02$

$$E I = \frac{7,6}{2} = 3,8.$$

Si tenemos una pila que nos dé una corriente de 1 ampère y cuya fuerza electro-motriz en los polos resulte de 1,6 volts, el número de pares necesarios será

$$\frac{3,8}{1,6} = 3 \text{ en números enteros.}$$

Para mayor seguridad convendrá emplear 4.

Los hilos de platino que se encuentran en el comercio suelen tener los diámetros de $1/10$ á $1/20$ de milímetro y pesan el primero $0^g,108$ por metro y el segundo $0^g,04$. Para obtener diámetros menores se cubre de plata el hilo de $1/10$, se pasa por la hilera y se disuelve la plata por medio del ácido nítrico; así se obtienen diámetros de $1/20$ á $1/30$ de milímetro.

Los diámetros se miden por medio del *palmer*, que es un tornillo micrométrico, de la forma que indica la figura 95 (lám. 9): el hilo se sitúa entre a y b , y se mueve la punta a hasta que ya no puede avanzar; entonces se lee el espesor hallado en una escala graduada que va descubrien-

do un manguito unido á la cabeza del tornillo. Además, el canto *c* del manguito lleva un nonio que da la medida en centésimas de milímetro. Para evitar que el alambre pueda aplastarse, algunos *palmers* tienen loca la cabeza del tornillo, de modo que ésta gira sola en cuanto aquél halla la más pequeña resistencia.

Los cebos más comunmente usados son los que á continuación indicamos.

DISPOSICIÓN DEL HILO.	INDUSTRIALES.		MILITARES.			
	Recto.	3 espiras.	Recto.		3 espiras.	5 espiras.
Diámetro en milímetros..	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{30}$	$\frac{1}{150}$ á $\frac{1}{200}$	$\frac{1}{45}$	$\frac{1}{25}$
Longitud en milímetros..	3	8	6,5	11	3	4
Resistencia en caliente ohms	1,5	4,2	2,6	9 á 14	9	5,86
Intensidad de la corriente necesaria para inflamarlo, ampères.	0,67	0,67	0,8	0,05	»	0,49

Cebos foto-eléctricos.

Están formados por una mezcla detonante que se inflama cuando pasa la corriente. Deben reunir las condiciones siguientes:

- 1.^a Sensibilidad.
- 2.^a Constancia.
- 3.^a Facilidad de fabricación.

La sensibilidad depende: primero, de la que tengan los cuerpos que componen la mezcla; segundo, de la conductibilidad de ésta; tercero, de que sea más ó menos compacta; cuarto, de la distancia entre los conductores.

La experiencia ha demostrado que no existe relación entre la conductibilidad y la sensibilidad, pues la primera depende de que éntre en la mezcla un cuerpo más ó menos conductor, y la segunda de que haya otro que tenga más ó menos facilidad en inflamarse.

Toda mezcla empleada en la fabricación de cebos foto-eléctricos, debe, pues, contener, para que satisfaga á las condiciones antes indicadas, un cuerpo ó sal metálica, como por ejemplo, el sulfuro de antimonio, el subsulfuro ó subfosfuro de cobre, la plombagina, etc., y otro que detone fácilmente, como el clorato de potasa ó el fulminato de mercurio.

La mezcla debe ser perfectamente homogénea, para lo cual es con-

veniente emplear substancias que pueden mezclarse en un almirez de madera dura en donde se colocan pequeñas cantidades de los ingredientes, operando luego con una mano de madera y revolviéndola de modo que no produzca choques bruscos. Cuando la mezcla contiene fósforo rojo ó fulminato, debe hacerse sobre una hoja de papel y con las barbas de una pluma. No haciendo las mezclas en cantidades superiores á 2^{gr},5 y cubriendo con un guante la mano en que se tiene la del almirez, puede hacerse la operación sin cuidado, cuando no entran los dos ingredientes citados.

Conviene también que la mezcla se halle perfectamente bien apretada entre los extremos de los conductores, pues de este modo es más difícil que haya desplazamientos durante el transporte.

La mezcla debe contener una substancia detonante y otra que sea algún tanto conductora, sin cuyos requisitos no es posible obtener la explosión.

Un cebo foto-eléctrico puede fabricarse como á continuación se indica. Se toma un conductor de cobre, que se dobla como en el caso de los cebos termo-eléctricos, y se introduce en un molde (fig. 96, lám. 9), en el que se echa azufre derretido y vidrio machacado, con lo que se obtiene el núcleo representado en la figura 96^{bis} (lám. 9); se da luego á la parte superior del arco un corte con una sierra, cuya lámina tenga 0^m,0002 de espesor y se introduce el núcleo en un tubo figura 96^{ter} (lám. 9), sosteniéndolo á la altura conveniente por medio de una pieza de madera A. La parte superior del tubo se comprime por medio de unas pinzas y de modo que se forma una muesca y se acaba de llenar el hueco que queda encima del núcleo con la mezcla de azufre fundido y vidrio machacado; la muesca hecha en el tubo de cobre tiene por objeto sostener mejor la mezcla citada. Hechas estas operaciones se da la vuelta al molde y se introduce en él una pequeña varilla metálica, dispuesta como indica la figura 97 (lám. 9) y que en su cabeza redondeada tenga una ranura en la que se introducen los extremos de los conductores; el espacio anular que queda entre la varilla y el tubo se llena de la mezcla que constituye el núcleo; solidificada ésta, se quita la varilla y en el hueco que queda se echa la composición detonante de modo que cubra perfectamente los alambres y se cierra la cámara con azufre fundido (fig. 98, lám. 9); una envoltura delgada de cobre cubre el cebo y le da mayor solidez. En vez

de una envoltura metálica, puede emplearse otra de madera torneada y entonces la fabricación tiene lugar como lo indica la figura 99 (lám. 9); *A* es la envoltura de madera, *C* la mezcla de azufre y vidrio; el mixto se coloca en *B*.

Existen multitud de tipos de cebos foto-eléctricos, de los cuales daremos á conocer los más principales.

Cebo Verdú
ó Stateham
(austríaco).

El de Verdú ó Stateham, que se emplea con el aparato del mismo nombre, se fabrica como sigue. Se introduce (fig. 100, lám. 9) un trozo de alambre de cobre en un tubo de guttapercha y al cabo de algún tiempo la superficie exterior de aquel queda cubierta de una capa de sulfuro; se divide el conductor así formado en trozos y á cada uno de ellos se le da un corte como indica la figura 100^{bis} (lám. 9); se introducen entre los extremos del alambre así interrumpidos unas lentejas de fulminato de mercurio; el cebo así formado se envuelve en un cartucho que contenga pólvora, quedando en la disposición que indica la figura 101 (lámina 9). Este cebo tiene la gran ventaja de que su fabricación es sumamente sencilla, circunstancia muy apreciable en campaña.

Cebo
Beardslee.

Vamos ahora á dar á conocer algunos cebos usados en diferentes naciones. En América se empleó durante la guerra de secesión el cebo Beardslee, que consiste (fig. 102, lám. 9), en un cilindro de madera, en cuyo interior hay dos varillas de cobre que convergen y cuyos extremos engrasan con la base inferior; á estas varillas van á unirse los conductores y entre sus extremos *a'* hay una ranura que se llena de plombagina y cierra el circuito. Este cebo, aunque no muy sensible, es fácil de improvisar.

Cebo
Bradford.

Otro cebo también empleado en los Estados Unidos y muy fácil de construir es el Bradford, que se compone de un cilindro de madera *A* (fig. 103, lám. 9), en una de cuyas bases se abre una ranura *d*; dos taladros *b*, paralelos á su eje, encierran los conductores que se doblan luego sobre la ranura *d*, dándoles un corte; la canal *d* se llena de un mixto formado de

Clorato de potasa.	45,00	} 100
Sulfuro de antimonio.	20,75	
Fósforo rojo.	5,75	
Carbón.	28,50	

Este mixto se cubre con una capa de colodión. El cebo así formado se completa con un cartucho de polvorín. Si no se tuviera á mano la mezcla citada, se dará á la canal *d* una capa de colodión y luego se reviste de plombagina, para lo cual basta hacer pasar varias veces por sus paredes un lápiz-plomo. Empleando el mixto indicado, la distancia entre los alambres debe ser de 0^m,0016 y con la plombagina de 0^m,0012.

En Bélgica se emplea una clase de cebos muy fáciles de fabricar. Cebo belga.
En un prisma de madera dura (fig. 104, lám. 9) se abre por medio de una barrena un taladro cilíndrico; los conductores se sujetan al prisma como indica la figura, y entre sus puntas, distantes 0^m,0005, se introduce el mixto empleado en el cebo Stateham.

Los rusos, durante el sitio de Sebastopol, emplearon un cebo que Cebo ruso.
consistía (fig. 105, lám. 9) en dos carbones cortados en chaflanes, cuyas aristas estaban en planos perpendiculares entre sí y distantes 0^m,0005; la unión de los carbones á los conductores se hizo por medio de unas tiras de cautchuc; entre los carbones hay una mezcla de sulfuro de antimonio y clorato de potasa, y el cebo así formado se encierra dentro de un cartucho de polvorín.

Uno de los mejores cebos es el de Abel (fig. 106, lám. 9); los conductores Cebo Abel.
atraviesan un núcleo de guttapercha y terminan en una cápsula de estaño que contiene el mixto *c*; esta cápsula va encerrada en una pieza de madera con dos taladros *t* revestidos de cobre, á los que van á parar los conductores que parten del cebo, y en los que se introducen los que vienen del generador; hay además en la pieza de madera una capacidad con pólvora, ó bien se le añade un tubo *t'* con fulminato de mercurio; este tubo está barnizado generalmente con minio. El mixto se compone de

Protosulfuro de cobre.	16	por 100.
Protosulfuro de cobre.	28	»
Clorato de potasa.	56	»

Este mixto tiene la doble ventaja de ser fácilmente inflamable y bastante conductor, lo que permite verificar el estado del circuito por medio de un galvanómetro; añadiendo plombagina el poder conductor aumenta y las comprobaciones son más fáciles; pero en cambio la inflamación es más difícil.

Cebo Scola.

Es el que se usa con el explosor de este nombre. Se compone, como indica la figura 107 (lám. 9), de un núcleo cilíndrico de madera de 4 milímetros de diámetro y 11 á 12 de longitud. Los conductores de cobre de 0,4 milímetros de diámetro, aislados entre sí, se introducen en una ranura hecha según una generatriz del núcleo; siguen luego una de las bases y la generatriz opuesta; la interrupción de 0,1 milímetro se hace en la base del núcleo. Como se vé, no parece difícil de fabricar.

Cebo Mowray.

Éste reúne también muy buenas condiciones; consta de dos piezas (fig. 107 bis, lám. 9); una *D*, de guttapercha, que contiene los conductores y el explosivo, y otra *A*, que es la cápsula de fulminato; esta parte es de cobre forrado con guttapercha, y se suelda á la otra con esta última substancia. Este cebo es muy seguro para la inflamación de la dinamita; pero muy caro, y como de fabricación americana, no se puede adquirir fácilmente en Europa.

Cebo Canfield.

El cebo Canfield (fig. 108, lám. 9), tiene una envoltura de cautchuc, que á veces es doble; los conductores están á su vez revestidos de guttapercha y terminan en una lenteja de fulminato de plata, que sirve para inflamar el de mercurio *a'* contenido en una cápsula.

Estos cebos están muy bien protegidos de la humedad y de los choques, pero son también muy caros.

Cebo prusiano.

Otro cebo también empleado en España, que usan los alemanes con el explosor Markus, es el de la figura 109 (lám. 9); el núcleo es de guttapercha; los conductores van sujetos por unas cintas en hélice, á fin de evitar que resbalen; en la parte superior va el mixto, la pólvora y la cápsula de fulminato cuando es necesaria.

Cebo Shafner.

Para grandes cargas puede emplearse el cebo Shafner (fig. 110, lámina 9) que consiste en la reunión de varios cebos *F* en derivación, encerrados en un tubo *H*, que contiene algodón-pólvora en rama; el tubo *H* está rodeado por otro de una substancia impermeable y en el espacio anular hay algodón-pólvora comprimido; varias canales sirven para propagar la explosión en esta masa; esta explosión es sumamente enérgica y propia para inflamar grandes cargas.

La distinción entre los cebos termo-eléctricos y los foto-eléctricos, no es tan marcada como á primera vista pudiera creerse; la adición de plom-bagina, sulfuros metálicos, ó bien esponja de platino pulverizado, á los

segundos, los hace aptos para inflamarlos con corrientes de cantidad. Cuando los cebos de la segunda clase son algo conductores, tienen la ventaja de poderse verificar por medio del galvanómetro; pero en cambio tienen poca sensibilidad respecto á las corrientes de tensión.

Fácil es ver que todos los cebos descritos se ajustan á las condiciones que hemos indicado, pues contienen un cuerpo algo conductor y otro detonante.

Al empezarse á usar los cebos foto-eléctricos, se creyó que su inflamación era debida á las chispas, pero experiencias hechas en Francia han demostrado que, haciendo obrar sobre un galvanómetro una corriente voltáica producida por un pequeño número de elementos en serie, después de haber atravesado el cebo, la aguja de aquel desviaba, lo que indica que el circuito no queda completamente interrumpido. Tampoco el calor desarrollado por las corrientes de gran tensión puede producir este resultado, y por lo tanto, es un efecto puramente mecánico. Esto ha sido comprobado por las experiencias hechas en Francia, pues se ha visto que al pasar una corriente de gran tensión por uno de los mixtos que constituyen los cebos foto-eléctricos, la mezcla se ponía en movimiento y algunas veces era proyectada parte de ella. Esto nos explica por qué debe entrar en el mixto una substancia detonante, pues de lo contrario, los rozamientos ó choques, producidos por la corriente, no podrán dar lugar á la inflamación.

Como los aparatos descritos para comprobar el estado de los circuitos en que intervienen cebos termo-eléctricos no son aplicables al caso de ser éstos foto-eléctricos, ha habido que recurrir á otras disposiciones. Una de ellas es la propuesta por Mr. Ducretet (fig. 111, lám. 9) que consiste en una caja que lleva tres elementos Leclanché, algo modificados; la corriente que produce atraviesa la lengüeta *R*, movida por un aparato de relojería, que hace las veces de interruptor y el circuito inductor de una bobina *B*. Un conmutador de pila sirve para hacer entrar en circuito uno, dos ó los tres elementos. De los casquillos 3 y 4, que forman parte del circuito inducido de la bobina *B*, parten los hilos de un teléfono. *H* y *H'* son dos capsulitas que contienen mercurio. Para ensayar un cebo se intercala entre las cápsulas *H* y *H'* y se pone en movimiento el aparato de relojería, desembragándolo por medio de la palanca *L*. Las corrientes

Aparato
Ducretet.

inducidas que en la bobina se producen por las continuas interrupciones debidas á la vibración de la lengüeta *R*, pasan al cebo y al teléfono. Si se nota en el teléfono un fuerte ruido, es prueba de que la conductibilidad es mayor de lo que debiera, y por tanto el cebo defectuoso; si el ruido es suave, el cebo se halla en buen estado, y si no se produce ruido alguno, es prueba de que el cebo no sirve.

Este mismo aparato podría servir para probar cebos termo-eléctricos, suprimiendo la bobina de inducción y haciendo que la corriente de la pila vaya directamente del interruptor al cebo.

Consiste en una caja cuyo interior contiene una pila de tres elementos, una bobina de inducción y un teléfono; éste puede sacarse de la caja. En la parte superior de ésta hay tres botones 1, 2, 3 (fig. 111^{bis}, lámina 9), análogos á los de los timbres, y dos casquillos *C* y *D*, de donde parten los hilos que van al cebo.

La pila debida á Mr. Germain, tiene muy buenas condiciones para usos militares, si realmente da los resultados que su autor consigna. El coco tiene una cáscara formada por fibras rodeadas de una masa celular; separando las fibras por medio de cardas, se obtiene una materia granular muy ligera, que sólo pesa 60 gramos por litro; esta materia contiene, además de la celulosa casi pura, sales minerales, una substancia orgánica colorante y cuerpos grasos. Después de eliminados todos estos cuerpos prepara Mr. Germain con la materia granular, y sin alterar su estado físico, una celulosa, que además de ser muy absorbente no es atacada por los líquidos excitadores que entran en las pilas.

La densidad de la celulosa así preparada varía entre 0,06 y 0,105, y aun cuando se la sujete á fuertes presiones no exuda los líquidos que ha absorbido. Empapando la celulosa en clorhidrato de amoniaco se obtiene una pasta que tiene la doble ventaja de facilitar la circulación del líquido y evitar que se produzcan diferencias de densidades. Esta pasta se sujeta á una presión de unos 200 gramos por centímetro cuadrado, y en estas condiciones puede absorber 3,5 á 4 veces su peso.

Las pilas construídas en la actualidad por Mr. Germain se componen de una caja de madera de encina, que se hace hervir en parafina para desembarazarla de la humedad, y luego se le da un barniz cuya base es el alquitrán. Es muy importante que la caja resulte impermeable

y cierre herméticamente; de lo contrario la pasta se seca y se forman eflorescencias. En el fondo hay una placa de zinc, amalgamado por una de sus caras y barnizado por la otra; á esta placa se le atornilla una barrita de cobre, que sirve de electrodo negativo y termina en un casquillo que sale al exterior. Esta varilla va dentro de una canal formada por media caña de bambú, á fin de que no pueda salir el líquido. Sobre el zinc se coloca á mano, comprimiéndola bien, una capa de la pasta excitadora, despues una placa de carbón rodeada de carbón machacado y bióxido de manganeso; de la placa de carbón parte una varilla que termina en el casquillo positivo; una roldana de cauchuc cierra herméticamente el agujero que da salida á dicha varilla. Encima del lecho de carbón y bióxido de manganeso se coloca una capa de celulosa y sobre ésta otra placa de zinc, sobre la que apoyan unos resortes que quedan comprimidos al tapar la caja, produciendo una presión de 200 gramos por centímetro cuadrado.

Según parece, en estas condiciones la pila puede conservarse mucho tiempo; no se producen eflorescencias y el gasto, en circuito abierto, es insignificante.

Hay varios tipos de esta pila; los principales son los siguientes:

Tipos.	Dimensiones.	Resistencia en ohms.	F. E. M. en volts.
B.	120 × 70 × 70	1	1,50
C.	140 × 100 × 80	0,40	1,50
D.	185 × 115 × 90	0,30	1,50
G.	300 × 200 × 110	0,09	1,50

Una pila de esta clase es la que acompaña al aparato Place y creemos que sería conveniente ensayarla, porque reúne muy buenas condiciones para el transporte.

La figura 111^{ter.} (lám. 9) indica las comunicaciones; cuando se aprieta el botón 1, *a* comunica con *b*, y cuando el 2, *a'* con *b'*; en el estado normal, *b* comunica con *c*, y *b'* con *c'*; al apretar el botón 3, *a''* y *b''* se ponen en comunicación. Cuando el teléfono se halla introducido en la caja, *t* y *t'* comunican y esta comunicación se interrumpe al sacarlo.

Con este aparato pueden efectuarse las siguientes operaciones:

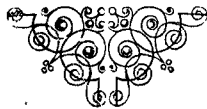
1.^a *Inflamar los cebos de cantidad.*—Se aprieta el botón 2; la corriente de la pila va por b y c al casquillo C y desde éste al cebo, entra en el aparato por D y por t, t', b', a', δ , al polo negativo.

2.^a *Inflamar cebos de tensión.*—Se aprieta el botón 1; la corriente va por b y a al circuito inductor de la bobina; sale de éste por A' y de aquí va al polo negativo. La corriente inducida por A y C va al cebo y vuelve por $D t K B$.

3.^a *Prueba de los cebos de cantidad.*—Se saca el teléfono de la caja y se aprieta el botón 3. La corriente de la pila va por $a b c C$ al cebo y vuelve por $D t$ teléfono $t' K' b'' a'' A' \delta$; al sacar el teléfono se introduce una resistencia que impide la inflamación del cebo. Si éste se halla en buen estado, el teléfono producirá un sonido.

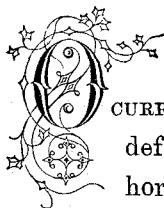
4.^a *Prueba de los cebos de tensión.*—Se saca el teléfono y se oprime el botón 1 repetidas veces brevemente. De este modo se produce cada vez que se suelta dicho botón una extracorrente que atraviesa el cebo y el teléfono. Tanto en este caso, como en el anterior, si el cebo se halla en buen estado, el teléfono deja oír un sonido.

Si este aparato reúne realmente todas las condiciones que su autor indica, lo creemos el mejor, tanto por la facilidad de su transporte, como por sus múltiples aplicaciones.



CAPÍTULO CUARTO.

Explosiones simultáneas.—Circuito único, derivados, sucesivos.—Aparato Striedinger.—Empleo de la salchicha.—Aplicación de las fórmulas de Ohm; problemas que por medio de ellas pueden resolverse.—Discusión para determinar los generadores aplicables á la inflamación de hornillos: primer caso, hornillos permanentes; segundo, minas de campaña.



OCURRE muchas veces, y principalmente en las aplicaciones á las defensas submarinas, tener que dar fuego á la vez á varios hornillos. Para esto pueden seguirse distintos sistemas.

Explosiones
simultáneas.

La disposición más sencilla consiste en disponer los hornillos como indica la figura 112 (lám. 9), que es lo que se llama circuito único; éste puede cerrarse por completo, como dicha figura representa, ó bien, si hay facilidad para ello, suprimir el conductor de vuelta y comunicar con tierra uno de los polos de la pila y el último hornillo; esto es lo que suele hacerse en las explosiones submarinas.

Otra disposición consiste en la indicada en la figura 113 (lám. 9), que es la de circuitos derivados.

La tercera disposición, indicada en la figura 114 (lám. 9) es una combinación de las anteriores y consiste en colocar en cada derivación, en vez de un solo hornillo, varios en serie.

Si se quiere obtener mayor seguridad en la inflamación, pueden emplearse en cada hornillo dos cebos en derivación, como indica la figura 115 (lám. 9); de este modo, aun cuando uno falle, la explosión se

verificará. Claro es que esta disposición puede aplicarse á todos los hornillos de las figuras 112, 113 y 114 (lám. 9).

De todos modos, cuando se empleen pilas, es fácil determinar por medio del cálculo, como luego veremos, la disposición más conveniente en cada caso.

Podrá suceder que los generadores de que se disponga no puedan inflamar más que un cebo: en este caso, no habrá más remedio que substituir las explosiones simultáneas por otras sucesivas que se sucedan rápidamente, para lo cual se adoptará la disposición de la figura 116 (lám. 9), es decir, que se empleará un conmutador del cual partirán los hilos de los hornillos y se hará pasar rápidamente por encima de los casquillos de aquél, la manecilla que establece la comunicación con la pila. Si se tratara de inflamar ocho hornillos, por ejemplo, y la pila sólo pudiera dar fuego á cuatro, se adoptará una disposición análoga á la anterior (fig. 116^{bis}, lám. 9).

En la demolición del arrecife de Hell-Gate se empleó para las explosiones simultáneas el aparato Striedinger, representado en las figuras 117 y 117^{bis} (lám. 9); varias copillas $a^x b^x e^x$ etc., llenas de mercurio, están en comunicación con uno de los polos de diferentes pilas a, b, c , en cuyo circuito se intercalan los cebos $e e' e''$; sobre dichas copillas hay un bastidor que tiende á descender por su propio peso, pero es retenido por el hilo G que lleva en H un cartucho de dinamita que forma parte del circuito de la pila f . El bastidor lleva varios pesos a, b, c que comunican con el otro polo de las pilas a, b, c . Para verificar la explosión se cierra el circuito de la pila f que inflama el cartucho H , y entonces el bastidor cae y cierra los circuitos de a, b, c , etc. Este sistema tiene la ventaja de exigir pilas de muy poca fuerza, pues los circuitos pueden ser de muy poca resistencia.

Otro sistema aún más sencillo para obtener explosiones simultáneas, empleado en las mismas obras de Hell-Gate, está representado en la figura 118 (lám. 9). Los conductores que parten del polo positivo van á parar al recipiente A , lleno de mercurio; los del polo negativo al B , que es de vidrio resistente, y está colocado sobre un trípode; en B se introduce una varilla de hierro vertical, terminada en punta en su extremo inferior y en el superior en un platillo con dinamita, que se inflama por

medio de una pila auxiliar; al inflamarle, la varilla rompe el fondo del vaso *B*; el mercurio penetra en él y el circuito de la pila queda cerrado. De este modo se logró inflamar á la vez 600 cebos.

Pueden también lograrse explosiones simultáneas empleando las salchichas; para ello hay que disponerlas (fig. 119, lám. 9) de tal modo, que las distancias *oa*, *ob*, *oc*, etc., sean iguales, y conviene emplear mechas de combustión muy rápida (La Rivière, por ejemplo), á fin de que una pequeña diferencia de longitud no ejerza influencia alguna. Fácil es comprender que si el número de hornillos que deben inflamarse simultáneamente es muy grande, este sistema es difícil de aplicar y puede no dar buenos resultados; así es, que hoy día, para este género de explosiones, se recurre siempre á la electricidad. Más adelante veremos que por procedimientos especiales pueden en algunos casos obtenerse explosiones simultáneas sin recurrir á las disposiciones indicadas.

Sea *I* la intensidad de la corriente producida por la pila ó dinamo (en lo sucesivo nos referiremos á las pilas); *E* la f. e. m. de cada par; *R* la resistencia interior del mismo; *r* la de los conductores; ρ la del cebo. Supongamos que haya que emplear *N* elementos dispuestos en *n'* series de *n* pares cada serie, tendremos

Inflamación de un solo cebo.

$$I = \frac{n E}{\frac{n R}{n'} + r + \rho} \quad [1]$$

Para que la pila produzca, con el menor número de elementos, la mayor potencia útil es necesario que

$$\frac{n R}{n'} = r + \rho \quad [2];$$

conociendo *r*, ρ , *I*, *R* y *E*, podremos determinar *n* y *n'*, y por tanto la agrupación más conveniente que puede darse á los pares. Las cantidades *I*, *R* y *E* son conocidas ó pueden determinarse para cada pila, y las *r* y ρ medirse por medio de un reostato ó por cualquiera de los procedimientos que sirven para determinar resistencias. Despejando en estas fórmulas los valores de *n* y *n'* resultan las [3]

$$n' = \frac{2RI}{E} \quad n = \frac{2I}{E}(r + \rho). \quad [3]$$

En general en la aplicación que estudiamos, la mayor parte de las veces resultará como disposición más conveniente la de colocar en serie todos los pares, de modo que la fórmula usada será la [4]

$$I = \frac{NE}{NR + r + \rho}. \quad [4]$$

En esta fórmula es fácil ver que el valor máximo de I para una pila dada corresponde al caso de $r + \rho = 0$; en cuyo caso

$$I = \frac{NE}{NR} = \frac{E}{R},$$

de donde se deduce que si con un par de una pila no podemos inflamar un cebo en un circuito cuya resistencia sea muy pequeña, por muchos pares que se empleen no se logrará tampoco.

Por medio de la fórmula [4] podemos determinar *el circuito máximo que puede emplearse para inflamar un cebo con un número de pares dado, ó recíprocamente, el número de pares necesario para inflamar un cebo á una distancia dada.*

Lo primero puede determinarse despejando r , y lo segundo despejando N ; pero puede seguirse también otro procedimiento.

Se toma un solo par de la pila, y con él, un reostato y el cebo, se forma un circuito, dando al reostato la suficiente resistencia para que éste no se inflame. Hecho esto se va quitando poco á poco resistencia al reostato, hasta que se produzca la inflamación del algodón-pólvora. Llamemos r' á la resistencia así obtenida. La fórmula de Ohm nos dará

$$I = \frac{E}{R + r' + \rho}. \quad [4']$$

Sea x la resistencia del circuito que corresponde al caso de emplear los N pares, y tendremos

$$I' = \frac{NE}{NR + x + \rho} = \frac{E}{R + \frac{x + \rho}{N}},$$

y como es evidente que I' debe ser igual á I

$$R + r' + \rho = R + \frac{x + \rho}{N},$$

de donde

$$x = N r' + (N - 1) \rho. \quad [5]$$

Si la incógnita fuera N y $x = r$, resultaría

$$N = \frac{r + \rho}{r' + \rho}. \quad [6]$$

Supongamos que se trate de determinar el número de pares necesario para inflamar á 1000 metros un cebo de 1 ohm de resistencia, empleando conductor de cobre de 2 milímetros de diámetro. El circuito total será de 2000 metros, que representan 10,28 ohms. Supongamos que la pila sea tal que con un solo par pueda inflamar á 50 metros de distancia el cebo de 1 ohm.

En este caso $r' = 100$ metros de alambre de cobre de $2^{\text{mm}} = 0,5$ ohms.

$$N = \frac{10,28 + 1}{0,5 + 1} = \frac{11,28}{1,5} = 7,5,$$

ó sea 8 en números enteros.

Si quisiéramos determinar N directamente por medio de la fórmula

$$I = \frac{N E}{N R + r + \rho} \quad [7]$$

tendríamos

$$N = \frac{(r + \rho) I}{E - I R}. \quad [7']$$

En este caso necesitamos conocer las constantes de la pila; supongamos $E = 2$, $R = 0,5$ y que la corriente resulte de 1 ampère, valor que podemos determinar por medio de un amperómetro

$$N = \frac{10,28 + 1}{2 - 1 \times 0,5} = \frac{11,28}{1,5} = 7,5,$$

es decir, 8 pares como en el caso anterior.

Si se conocen los datos relativos á la pila empleada, este procedimiento es más sencillo que el anterior; pero en caso contrario se determinará experimentalmente el valor de r' y después el de N .

Para tener mayor seguridad, en la práctica conviene aumentar en un 50 por 100 el número de pares hallado teóricamente.

Si quisiéramos determinar r , por ejemplo, la fórmula [7] nos daría

$$r = \frac{N E - I (N R + \rho)}{I}$$

En esta fórmula el valor de r resulta en ohms; pero es fácil reducirlo á metros de conductor, recordando que 100 metros de alambre de hierro de 4 milímetros de diámetro equivalen aproximadamente á 1 ohm, ó bien 200 metros de alambre de cobre de 2 milímetros de diámetro tienen igual valor, ó que 1 metro de alambre de cobre de 1 milímetro cuadrado de sección tiene una resistencia de 0,0166 ohms: este último dato es exacto.

Además, le acompañan á este escrito tablas que dan la resistencia por kilómetro de los conductores más usados.

Explosiones
simultá-
neas.

Los hornillos pueden disponerse, como ya hemos dicho, según indican las figuras 112, 113 y 114 (lám. 9). Sea m el número de hornillos y tendremos:

Para el caso de circuito único. $I_1 = \frac{N E}{N R + r + m \rho}$ [8]

Para el caso de circuitos derivados. $I_2 = \frac{N E}{N R + r + \frac{\rho}{m}}$ [9]

Para el caso de emplear m' derivaciones cada una con m'' hornillos siendo $m' m'' = m$ $I_3 = \frac{N E}{N R + r + \frac{m'' \rho}{m'}}$ [10]

En las dos últimas fórmulas, ρ representa la resistencia del cebo más la de la derivación, porque generalmente ésta será muy pequeña, y podemos suponer que sólo existe la que aquél produce. Si fuera de consideración, habría que agregarla necesariamente á la del cebo y poner en vez de ρ , $r'' + \rho$.

Comparando las fórmulas [8] y [9] podemos deducir cuál es la disposición más conveniente para los hornillos. Pero antes observemos que si

llamamos I á la corriente necesaria para inflamar un cebo, cuando se emplee el circuito único, es preciso que circule por él dicha corriente, y por tanto, que $I_1 = I$; I tiene el valor expresado en la fórmula [4']. Si se emplean derivaciones es preciso que por cada una circule una corriente igual á I , y por tanto si hay m , $I_2 = m I$.

De aquí se deduce que, en igualdad de condiciones, el número de hornillos que pueden inflamarse en derivación resulta muy inferior al que se obtendría colocándolos en serie y por consiguiente teóricamente es preferible la disposición en circuito único; pero en la práctica esta disposición tiene un inconveniente grave, y es que basta que falle un cebo para que no pase la corriente y por consiguiente no estalle ninguno. En cambio, empleando circuitos derivados cada cebo es completamente independiente de todos los demás; ventaja es ésta de consideración, por lo cual siempre que se pueda disponer de suficiente número de pares, esta agrupación es preferible. Puede también adoptarse la indicada en la figura 114 (lám. 9) como término medio entre las otras dos. En este caso, suponiendo que se empleen m' derivaciones, la corriente total necesaria para inflamar todos los hornillos será $I_3 = m' I$, menor, por consiguiente, que I_2 .

En algunas ocasiones la situación de los hornillos obligará á adoptar una agrupación determinada que facilite la instalación de los conductores; en este caso habrá que disponer los elementos de la pila de modo que satisfagan lo mejor posible á la condición de igualdad entre la resistencia interior y la exterior.

Cuando se emplee un circuito único convendrá colocar en cada hornillo dos cebos en derivación, pues en este caso la falta de uno influye en los demás. Claro que esta precaución es también conveniente aunque se empleen circuitos derivados, pero en este caso no es tan necesaria.

Si en vez de pilas se emplean dinamos, como no es posible modificar el valor de I , como sucede en aquéllas, mediante la combinación de pares, habrá que atenerse á las condiciones que permita la máquina empleada.

El empleo de las derivaciones tiene en la práctica un inconveniente, y es que exige mayor número de empalmes, y por tanto dificulta la instalación, de modo que no conviene para el caso en que ésta haya de efectuarse precipitadamente.

Circuito
único.

Despejando en la ecuación [8] el valor de m resulta

$$m = \frac{NE - I_1(NR + r)}{I_1 \rho}. \quad [12]$$

De esta ecuación se deduce que la primera condición para que la pila dada pueda inflamar los hornillos, es

$$NE > I_1(NR + r).$$

Si conociéramos el valor r_1 , que corresponde al circuito límite de la pila dada, cuando se emplea un sólo par y un sólo cebo,

$$I = \frac{E}{R + r_1 + \rho},$$

y como claro es que las intensidades I é I_1 han de ser iguales, si se quiere que los cebos se inflamen, podemos establecer

$$\frac{E}{R + r_1 + \rho} = \frac{NE}{NR + r + m\rho},$$

y por consiguiente

$$R + r_1 + \rho = R + \frac{r + m\rho}{N},$$

de donde

$$r_1 + \rho = \frac{r + m\rho}{N}.$$

De aquí podemos despejar r , m ó N , y resultará

$$r = N(r_1 + \rho) - m\rho \quad [13]$$

$$m = \frac{N(r_1 + \rho) - r}{\rho} \quad [14]$$

$$N = \frac{r + m\rho}{r_1 + \rho}. \quad [15]$$

Como los valores de r y m han de ser necesariamente positivos, para que el problema resulte posible es necesario que

$$N(r_1 + \rho) > \frac{m\rho}{r}.$$

Propongámonos determinar el número de hornillos que podrán inflamarse con 10 pares de una pila que, con un solo par y un circuito de 200 metros de alambre de cobre de 2 milímetros de diámetro, inflama un cebo, cuya resistencia, igual á la de los que deben emplearse, es de 2 ohms. Los hornillos deben situarse á 500 metros de la pila.

En este caso tenemos

$$N = 10 \quad ,, \quad r = 5,14 \quad ,, \quad \rho = 2 \quad ,, \quad r_1 = 1,02$$

$$m = \frac{10(1,02 + 2) - 5,14}{2} = 12.$$

En la práctica convendrá reducir este número en un 25 por 100 para mayor seguridad y no volar más que nueve.

Si conociéramos las constantes de la pila y fueran, por ejemplo, $E = 2$, $R = 0,5$, podríamos determinar m por la fórmula [12]. En efecto, en este caso el valor de I , que ya hemos dicho debía ser igual al al [4'], es

$$I_1 = \frac{2}{0,5 + 1,02 + 2} = \frac{2}{3,52}$$

y por consiguiente,

$$m = \frac{10 \times 2 - 0,56(10 \times 0,5 + 5,14)}{0,56 \times 2} = 12.$$

Si se disponen los hornillos en derivación tendremos

$$I_2 = \frac{NE}{NR + r + \frac{\rho}{m}};$$

de donde

$$m = \frac{I_2 \rho}{NE - I_2(NR + r)}.$$

Por otra parte, sabemos ya que la corriente necesaria para inflamar un solo cebo es I , y como en este caso claro está que por cada derivación ha de pasar dicha corriente, tendremos

$$I_2 = m I,$$

de donde

$$m I = \frac{N E}{N R + r + \frac{\rho}{m}}$$

Despejando N resulta

$$N = \frac{I (m r + \rho)}{E - m R I} \quad [17]$$

Para que el problema sea posible es preciso que

$$E > m R I,$$

ó lo que es lo mismo que

$$m < \frac{E}{I R} \quad [18]$$

Pero $\frac{E}{R}$ es la corriente que da la pila cuando el circuito exterior es nulo, de modo que si le llamamos y resulta

$$m < \frac{y}{I} \quad [19]$$

Para determinar los valores de y é I necesitaríamos, según ya hemos dicho, un amperómetro; pero puede prescindirse de él conociendo el circuito máximo que la pila puede inflamar con un solo par. Llamándole r_1 tendremos

$$I = \frac{E}{R + r_1 + \rho}.$$

La corriente necesaria para inflamar los m cebos en derivación, es

$$I_2 = \frac{N E}{N R + r + \frac{\rho}{m}},$$

y como evidentemente $I_2 = m I$

$$\frac{m E}{R + r_1 + \rho} = \frac{m N E}{m N R + m r + \rho},$$

y por consiguiente,

$$N R + N r_1 + N \rho = m N R + m r + \rho;$$

de donde

$$N = \frac{m r + \rho}{\rho + r_1 - R(m-1)} \quad [20]$$

$$m = \frac{N(R + r_1 + \rho) - \rho}{N R + r} \quad [21]$$

$$r = \frac{N(r_1 + \rho - R(m-1)) - \rho}{m} \quad [22]$$

Para que el problema sea posible es necesario que

$$\rho + r_1 > R(m-1).$$

Si, por ejemplo, quisiéramos, como en el caso anterior, volar doce hornillos, veríamos, desde luego, que el problema no era posible, pues

$$\rho + r_1 = 3,02 \quad \text{y} \quad R(m-1) = 5,5.$$

En este caso el mayor número de hornillos que podríamos volar sería

$$m = \frac{10(0,5 + 1,02 + 2) - 2}{10 \times 0,5 + 5,14} = \frac{33,20}{10,14} = 3.$$

En este caso el valor de la corriente I_2 es

$$I_2 = \frac{10 \times 2}{10 \times 0,5 + 5,14 + \frac{2}{3}} = \frac{20}{10,80} = 1,8.$$

La I vale

$$I = \frac{2}{0,5 + 1,02 + 2} = \frac{2}{3,52} = 0,57.$$

Este ejemplo confirma lo que antes hemos dicho.

En el caso de que haya m' grupos cada uno con m'' hornillos (fig. 14, lám. 9),

$$I_3 = \frac{N E}{N R + r + \frac{m'' \rho}{m'}}.$$

El valor de N será en este caso, teniendo en cuenta que $I_3 = m' I$.

$$N = \frac{I (m' r + m'' \rho)}{E - m' R I}. \quad [23]$$

Para que el problema sea posible

$$E > m' R I$$

de donde

$$m' < \frac{E}{R I}$$

que es la misma condición anterior.

Por otra parte, esta condición es evidente, pues claro está que y es la máxima corriente que puede dar la pila, porque corresponde al caso de ser nulo el circuito exterior, y como por cada derivación ha de pasar una intensidad I , si estas son en número de m' , claro está que $m' I$, lo más podrá ser igual á y ; pero en la práctica tendrá que ser siempre menor.

También en este caso es de gran utilidad el conocimiento de r_1 ; la corriente I_3 necesaria para inflamar los m' grupos de hornillos, será igual á $m' I$, y tendremos, por consiguiente,

$$\frac{m' E}{R + r_1 + \rho} = \frac{N E}{N R + r + \frac{m'' \rho}{m'}}$$

de donde

$$N(R + r_1 + \rho) = NRm' + m'r + m''\rho$$

y por consiguiente

$$N = \frac{m'r + m''\rho}{\rho + r_1 - R(m' - 1)} \quad [24]$$

$$m' = \frac{N(R + r_1 + \rho) - m''\rho}{NR + r} \quad [25]$$

$$r = \frac{N(r_1 + \rho - R(m' - 1)) - m''\rho}{m'} \quad [26]$$

La condición de posibilidad es también

$$\rho + r_1 > R(m' - 1).$$

Si suponemos que los doce hornillos de los casos anteriores se disponen en dos grupos de á seis, tendremos

$$m'' = 6, \quad m' = 2,$$

$$\rho + r_1 = 2 + 1,02 = 3,02, \quad R(m' - 1) = 0,5 \times 1 = 0,5$$

de modo que el problema es posible.

El número de pares será:

$$N = \frac{2 \times 5,14 + 6 \times 2}{2 + 1,02 - 0,5 \times 1} = 9 \text{ en números enteros.}$$

Agrupando los doce hornillos de dos en dos hubiéramos tenido

$$m'' = 2, \quad m' = 6$$

$$R(m' - 1) = 2,5.$$

Pero es fácil ver que se necesitarían unos 70 pares en serie.

Empleando cuatro grupos de á tres también sería el problema posible; entonces

$$m'' = 3, \quad m' = 4.$$

En este caso se necesitarían 18 pares.

Finalmente, empleando tres grupos de cuatro hornillos resultarían 11 pares (1).

(1) En todos estos casos hemos supuesto que los pares de la pila se disponían en serie: aplicando las fórmulas [3] de la pág. 212, podríamos determinar para cada caso la disposición más conveniente para que el número de aquellos fuera mínimo. Al hacer aplicación de dichas fórmulas habría

Empleo
de
explosores.

Conocida la resistencia R de un explosor y su potencial E , el valor I de la corriente que produce en un circuito formado por el cebo y un conductor será

$$I = \frac{E}{R + r + \rho}$$

Pero como la resistencia ρ de los cebos foto-eléctricos es muy grande, y á veces llega á 1.000.000 de ohms, podemos prescindir de r y la fórmula quedará reducida á

$$I = \frac{E}{\rho}$$

Por lo común los explosores tienen alcances muy superiores á los que en la práctica son necesarios, pues como ρ es muy grande, la longitud del conductor influye muy poco en el valor de I .

El valor de E puede determinarse por medio de la siguiente fórmula, debida á Warren de la Rue,

$$E = \frac{d + 0,05}{2,5} (100 - 5 d)^2$$

en la que d representa en milímetros la longitud de la chispa.

Esta fórmula empírica sirve para valores de d comprendidos entre 0^{mm},04 y 2^{mm}.

Para distancias superiores puede emplearse la $E = 9200 d$; en esta fórmula d debe expresarse en centímetros. Con estas fórmulas está calculada la tabla que acompaña á esta *Memoria*.

La longitud de la chispa se determina por medio de dos puntas de platino que se ponen en comunicación con los polos del explosor; una de ellas es movable y se va aproximando á la otra hasta que salta la chispa; un tornillo micrométrico análogo al del *palmer* determina la distancia.

La mejor manera de determinar el alcance del explosor consiste en

que tener en cuenta que la resistencia exterior es ahora $r + \frac{m}{m'} \rho$, y que el valor de I es en cada caso igual al que corresponde al circuito único multiplicado por el número de derivaciones que se emplean.

En todos los casos en que la situación de los hornillos exige para éstos una instalación determinada, las citadas fórmulas darán á conocer la disposición más conveniente de la pila que se emplee.

formar con él el cebo y un reostato, un circuito, é ir quitando resistencia á éste hasta que se produzca la inflamación de aquél. Por lo común, el alcance de los explosores es, como ya hemos dicho, superior á las necesidades de la práctica.

Si se quiere dar fuego á m cebos en circuito único, el valor de I será

$$I = \frac{E}{R + r + m \rho}$$

y como $R + r$ es en general una cantidad despreciable con relación á ρ

$$I = \frac{E}{m \rho} \quad \text{y} \quad m = \frac{E}{I \rho};$$

pero como ρ es la resistencia del cebo é I la corriente que le atraviesa, $I \rho$ representa una fuerza contra electro-motriz e introducida por el cebo en el circuito, luego

$$m = \frac{E}{e} \quad [27]$$

Si los cebos estuvieran en derivación

$$m I = \frac{E}{R + r + \frac{\rho}{m}},$$

de donde

$$m = \frac{E - \rho I}{I(R + r)} = \frac{E - e}{I(R + r)} \quad [28]$$

Habiendo varios cebos en circuito único puede también calcularse el número de los que se podrán inflamar por medio de la fórmula

$$[29] \quad m < \frac{d}{d'},$$

en la que d representa la longitud de la chispa que puede dar el explosor y d' la longitud del corte que se da al conductor del cebo y en el cual se coloca la mezcla detonante. Por lo común, el valor de d' varía entre 0^m,0001 y 0^m,0012. Conviene que los extremos de los hilos estén

bien afilados y que su diámetro sea de 0,4 á 0,8 de milímetro. La resistencia de los cebos industriales varía entre 1500 y 10.000 ohms. El Scola tiene 1.000.000 de ohms.

También podrían disponerse los cebos en m'' derivaciones de m' cebos cada derivación; en este caso

$$m'' I = \frac{E}{R + r + \frac{m' \rho}{m''}}$$

Si determináramos en un explosor el valor r_1 de la resistencia límite exterior para inflamar un solo cebo, podríamos, por el mismo procedimiento seguido para los termo-eléctricos, resolver el caso de explosiones simultáneas.

Por lo común será difícil calcular teóricamente el valor de m por las fórmulas que acabamos de dar á conocer, pues uno de los datos necesarios es el valor de I y no siempre se tendrán á mano los aparatos para determinarlo.

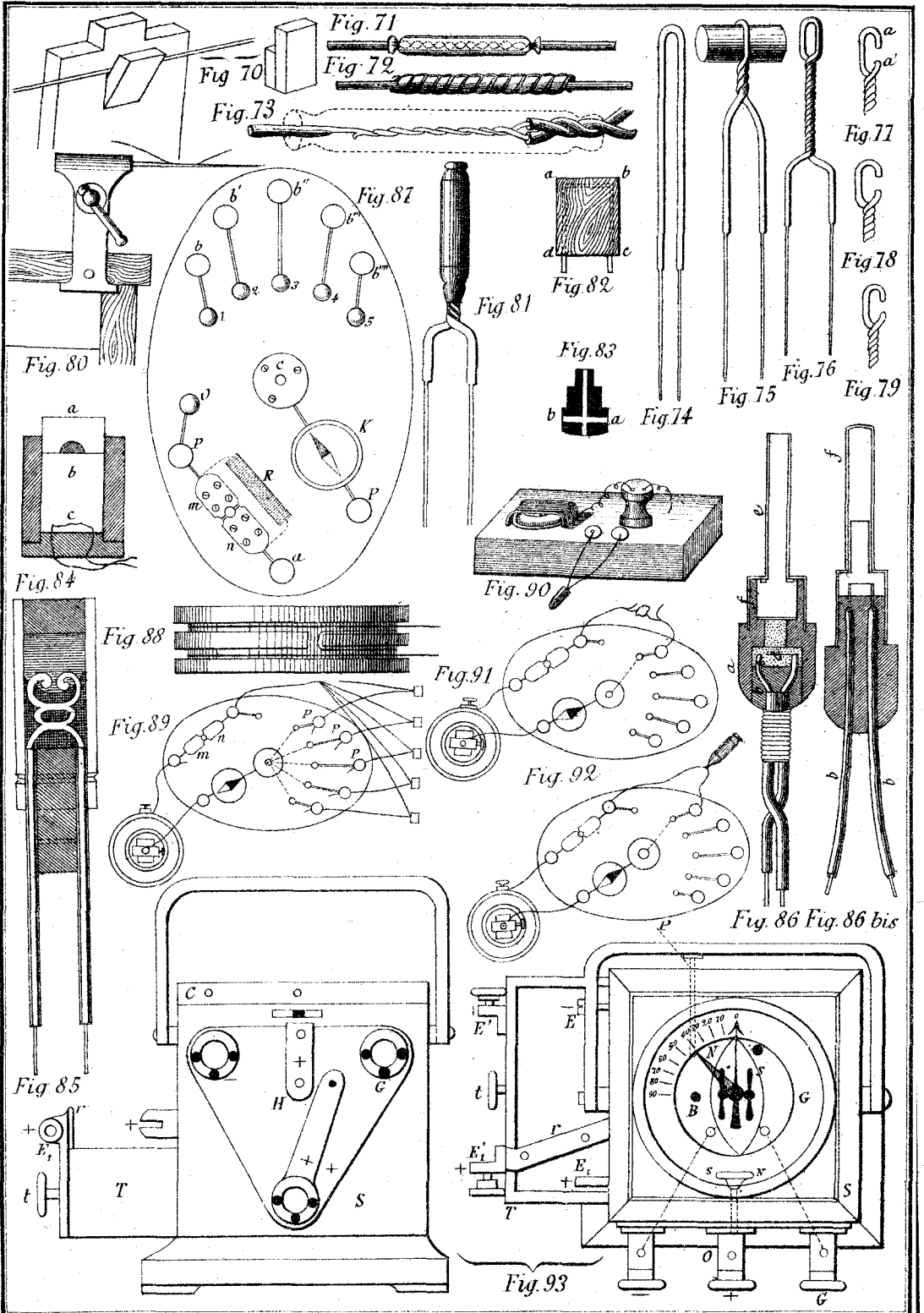
Respecto á la fórmula [29] tampoco será de fácil aplicación en campaña, por la dificultad de determinar d y d' .

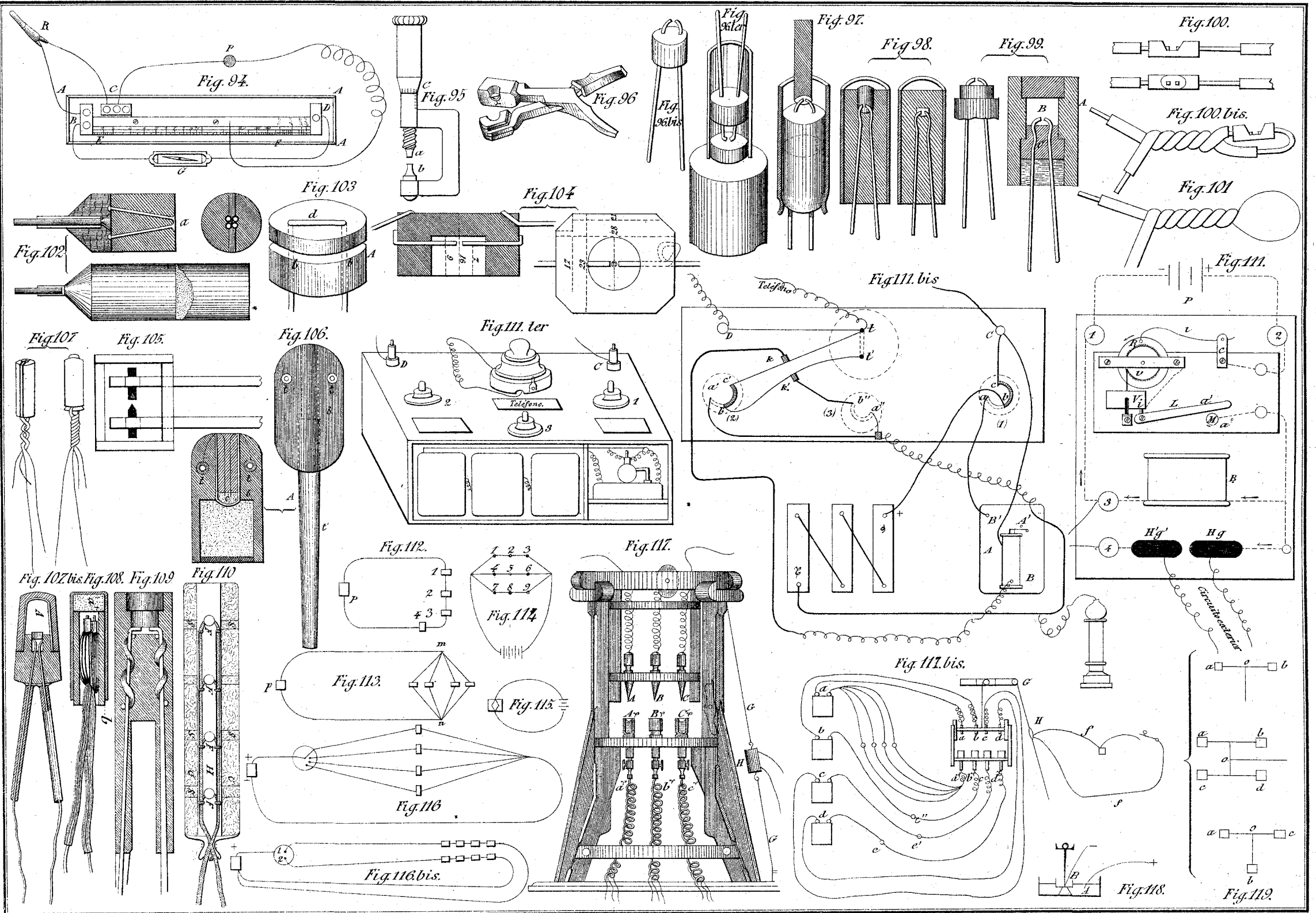
Por todas estas razones, lo mejor es proceder experimentalmente y determinar así los datos para cada explosor, datos que podrán escribirse en una papeleta que se pegará á la tapa de la caja que le contenga.

Conclusio-
nes.

Después de lo dicho, estamos ya en condiciones de manifestar cuáles son los elementos que en cada caso pueden emplearse con mejor éxito para la inflamación de los hornillos por medio de la electricidad.

Desde luego, en general, podemos decir que el empleo de las corrientes de cantidad es preferible al de las de tensión; en primer lugar, sus efectos pueden calcularse de antemano, y si se emplean pilas, disponer éstas de modo que reunan las mejores condiciones para el caso que se trate de resolver. En segundo lugar, con sólo intercalar en el circuito un amperómetro, una resistencia y un conmutador que permita el paso de corrientes de prueba ó de fuego, según se trate de ensayar el estado del circuito ó de producir la explosión, puede siempre conocerse si ha ocurrido ó no avería en las instalaciones. Es cierto que esto puede también averiguarse en el caso de cebos de tensión por medio del aparato





Ducretet; pero éste es más complicado que los citados y además no mide la intensidad de las corrientes.

Para las instalaciones permanentes, como sucede en la defensa de plazas y puertos militares, no cabe la menor duda de que las corrientes de cantidad son preferibles á las de tensión. Los generadores que en este caso conviene adoptar son, en nuestro concepto, las pilas, porque se prestan mejor que las dinamos á producir corrientes de distinta intensidad, y por otra parte no necesitan motor alguno para producir la corriente. Basta con que estén instaladas convenientemente para que resulte fácil su manipulación y entretenimiento. Por otra parte, las pilas no están sujetas á tantas averías como las dinamos, y en caso de que algún par se deteriore, su reemplazo es fácil.

En campaña las pilas tienen el inconveniente de que su transporte y manejo presenta algunas dificultades, á causa de los líquidos que contienen (1). Por otra parte, no siempre hay tiempo para establecer los circuitos de modo que pueda comprobarse su estado, y con frecuencia se da fuego al hornillo inmediatamente después de instalado. Por esto no es en este caso tan necesario el examen del estado de aquél, pues si se instala bien no hay tiempo para que sufra deterioros. Sin embargo de esto, las ventajas de los cebos de cantidad sobre los de tensión subsisten siempre, y como aquellos pueden inflamarse también por medio de dinamos, no parece á primera vista que haya necesidad de desecharlos para las instalaciones rápidas en campaña.

Pero las máquinas que dan corrientes de cantidad son, por lo común, más pesadas que los explosores: su construcción es también algo más delicada, y por estas razones no se prestan tanto á los transportes.

En cambio los explosores son, sin duda alguna, los aparatos más ligeros, sobre todo el Breguet y el Scola, á la vez sencillos y fuertes, y á estas condiciones deben el haber sido elegidos para su empleo en campaña. Mejor, sin embargo, que todos ellos sería el Place-Germain si las experiencias que con él se verificasen dieran buenos resultados.

Por otra parte, los cebos de hilo de platino son de fabricación más sencilla que los de tensión, cuyos ingredientes no siempre se encuen-

(1) La pila Germain, ya descrita, es la que reúne para el transporte mejores condiciones.

tran puros. Estos últimos cebos se deterioran con el tiempo, de modo que si no son de fabricación reciente no se puede tener en ellos gran confianza, sobre todo si han estado en sitios húmedos. Tienen también los cebos foto-eléctricos el inconveniente de que es más difícil que resulten tan iguales entre sí como los de platino, lo cual, en el caso de explosiones simultáneas en circuito único puede dar por resultado que, estallando prematuramente uno de ellos, interrumpa el circuito y no estallen los demás.

Finalmente, los aparatos de tensión necesitan estar mejor aislados y muy resguardados de la humedad; ésta sobre todo les es muy perjudicial y puede producir un fallo en las explosiones. Los conductores de las corrientes de elevada potencial requieren mayor aislamiento y cuidado en la instalación.

De lo expuesto podemos deducir las siguientes conveniencias ó reglas para la inflamación de hornillos por medio de la electricidad.

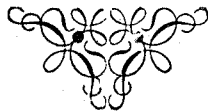
1.^a En general es preferible el empleo de las corrientes de cantidad al de las de tensión. Las primeras se usarán en todas las instalaciones que tengan carácter más ó menos permanente; las segundas únicamente en las instalaciones rápidas que haya que efectuar en campaña.

2.^a Para el primer caso los generadores más convenientes son las pilas, y para el segundo los explosores, y particularmente el Place-Germain, si realmente reúne las condiciones indicadas.

3.^a Cuando haya que inflamar varios hornillos á la vez, el circuito único es por lo común preferible á los circuitos derivados, y puede decirse que se impone si se emplean corrientes de tensión.

4.^a Siempre que se pueda conviene emplear dos cebos por hornillo, y esta disposición es más necesaria cuando se establecen éstos en circuito único y más aún si se emplean cebos de tensión.

5.^a Empleando corrientes de cantidad puede dar también buen resultado la agrupación de hornillos en varias derivaciones.



LIBRO IV.



EMPLEO DE LOS AGENTES EXPLOSIVOS.

CAPÍTULO PRIMERO. ⁽¹⁾

Brechas: condiciones que deben reunir, reglas para su ejecución en los distintos casos que pueden presentarse.—
Demoliciones: muros aislados, de revestimiento, edificios, puentes, cisternas, galerías, túneles, pozos, estacadas, frisas, puertas, barreras.—**Dstrucción de caminos.**—
Barrenos.



CUANDO la artillería no tenía la precisión y alcance que en la actualidad y era fácil apagar los fuegos que flanqueaban el foso de una fortaleza, se comprende que se recurriera á la mina para abrir brecha. Hoy todo ha variado: la artillería puede abrir brecha en muros no vistos y la perfección á que han llegado las armas portátiles y el empleo de las ametralladoras y cañones de tiro rápido hace difícil la aplicación del minador á la escarpa. Por estas razones, la apertura de brechas por medio de la mina difícilmente podrá llevarse á cabo en la actualidad. En los fuertes de campaña que carezcan de flanco podría ser este método aplicable; pero como es difícil abrir brecha practicable en una escarpa de tierra, y por otra parte, en este caso no presentan suficiente altura para impedir un asalto, tampoco creemos que se recurra en la guerra del porvenir á semejante camino para abrir brechas en dichas obras. Sin embargo, en la última guerra de Oriente, los rumanos construyeron dos galerías que se dirigían al reducto de Grivitra; pero por razones ignoradas no llegaron á cargar los hornillos. En algunos casos, como, por ejemplo, cuando haya que atacar fortalezas antiguas ó edificios puestos en estado de defensa y se carezca de artille-

Brechas.

(1) En este capítulo nos referimos tan sólo al empleo de la antigua pólvora de mina.

ría, podrá recurrirse á la mina, y con este objeto vamos á dar reglas acerca de la apertura de brechas, tanto más cuanto este asunto está íntimamente ligado á las demoliciones y tiene para los oficiales de ingenieros importancia histórica por lo menos.

Una brecha, para ser practicable, debe cumplir las siguientes condiciones:

1.^o Que la rampa formada por la tierra sea suave para que permita la subida de las tropas.

2.^o Que tenga suficiente anchura para que la fuerza encargada de asaltar la plaza, pueda hacerlo con un frente algo considerable, por lo menos de 20 metros.

3.^o Es necesario que el escarpe que quede entre la parte superior de las tierras que se desmoronan y las que permanecen en su lugar no forme un escalón de más de 1^m,20 de altura.

4.^o La voladura no debe destruir las obras más próximas del sitiador, como, por ejemplo, la bajada al foso y el coronamiento del camino cubierto.

Fácil es comprender que todas estas condiciones dificultan considerablemente la operación y que es preciso calcular las cargas con gran cuidado. Para abrir brecha por medio de la mina, es preciso atravesar la escarpa por medio de un ramal, generalmente de primera clase, que llegue hasta el punto en que debe establecerse el hornillo; pero como mientras el minador abre en el paramento de la escarpa entrada suficiente para poder estar en él á cubierto de los proyectiles que desde la plaza le dirigen, hay que emplear quince ó dieciseis horas, necesarias para avanzar 1 metro en mampostería muy dura y cuatro ó cinco en mampostería de ladrillo ó piedra poco compacta, se comprende que aquél se halle muy expuesto á perecer. Para abreviar esta operación se hace un barreno de 1 metro de profundidad, se carga con 100 gramos de dinamita y en la cámara que resulte se introducen 2 kilogramos del mismo explosivo; de este modo puede resultar un ramal en cuyo fondo puede alojarse el minador para trabajar.

Quizá fuera preferible aplicar al muro una salchicha de dinamita que formara un marco rectangular de dimensiones próximamente iguales á la del ramal de primera; la carga se calcularía como luego

se dirá, y la explosión produciría quizá un hueco para alojar al minador.

En fosos secos, la zapa llena que servía para verificar el paso se prolongaba hasta la entrada del ramal. Como, en general, no se sabía si el muro tenía ó no contrafuertes, convenía abrir por lo menos dos entradas á 3 metros una de otra, á fin de que si una de ellas correspondía á un contrafuerte la otra no. La zapa llena se continuaba en ángulo recto á lo largo de la escarpa, se cubría por medio de un blindaje y en sus extremos se establecían parapetos de sacos terreros, á fin de resguardar á los minadores; el ramal debía tener su suelo á 0^m,60 por encima del fondo del foso. Si éste era de agua, el minador llegaba al pie de la escarpa por medio de una balsa con parapeto y blindaje y el fondo del ramal se establecía á 0^m,40 encima del nivel del agua. Cuando el foso era seco y el terreno no muy consistente ni húmedo, era preferible atravesar la escarpa por debajo de los cimientos.

Quando hay que establecer varios hornillos, puede hacerse que cada ramal sirva para dos, como lo indica la figura 120 (lám. 10); pero si se tiene suficiente número de minadores y material es más rápido construir un ramal por hornillo.

Pasemos al cálculo de las cargas y número de hornillos necesarios para la apertura de las brechas.

Vauban empleaba hornillos cuya distancia al paramento exterior era $\frac{1}{2}$ ó $\frac{1}{3}$ de la altura del terraplén sobre el fondo del foso; calculaba las cargas como si obraran en terreno ordinario; pero añadía $\frac{1}{4}$ al número así determinado y tomaba las distancias iguales al doble de la línea de mínima resistencia, pues como suponía que los hornillos así establecidos eran ordinarios, esta condición indicaba que sus embudos debían ser tangentes.

La carga por hornillo, según los datos de Vauban, era

$$C = \frac{5}{4} (1,50) h^3,$$

y llamando l la longitud de la brecha, $\frac{l}{2h} = n$ el número de hornillos, y por lo tanto

$$C = \frac{5}{4} \times 1,50 h^3 \times \frac{l}{2h} = \frac{5}{8h} l \times 1,50 h^3 = \frac{7,50}{8} h^2$$

la carga total.

Cormontaigne prescribía el empleo de tres hornillos, dos establecidos detrás de los contrafuertes, á una distancia del paramento exterior igual á la mitad de la altura del terraplén sobre el fondo del foso, y el tercero introducido en las tierras, que tenía una línea de mínima resistencia doble de la de los anteriores.

La distancia entre los hornillos de primera fila era igual al doble de su línea de mínima resistencia; las cargas se calculaban por la fórmula $C = 1,50 h^3$; el hornillo posterior debía hacer explosión un poco después que los de primera fila. La disposición de Cormontaigne no es tan conveniente como la de Vauban, pues el tercer hornillo escarpa la brecha producida por los de las dos primeras filas, y así sucedió en las experiencias de Bapaume; además la carga parece algo débil.

El objeto de colocar los hornillos á una distancia del paramento exterior igual á la mitad de la altura del terraplén, es evitar que el embudo se abra en aquel en vez de hacerlo en la mampostería.

Se observará que las cargas calculadas por las fórmulas anteriores son menores que las que corresponden á los embudos ordinarios abiertos en el muro, pues tomamos el coeficiente 1,50 en vez del que corresponde á la mampostería.

Esto es debido á que los muros de revestimiento se hallan sujetos al empuje de las tierras, al cual han de hacer equilibrio, y por lo tanto basta que una pequeña fuerza se agregue á dicho empuje para que el equilibrio se rompa.

Por esta razón las cargas son en este caso mucho menores que si se tratara de abrir un embudo de línea de mínima resistencia vertical.

Las experiencias de Bapaume dieron los siguientes resultados:

1.º Los hornillos deben colocarse detrás de la cola de los contrafuertes y á una distancia del paramento exterior comprendida entre la del terraplén sobre el fondo del foso y la mitad de esta dimensión.

2.º Cada brecha de 20 metros exige tres hornillos establecidos según una línea paralela al paramento y distantes una cantidad h ó sea la l. m. r.

3.º El valor C de la carga es igual á $\frac{5}{4} c$ (siendo $c = 1,50 h^3$) para las escarpas de 8 metros de altura; á $\frac{3}{2} c$, para escarpas de 6 ú 8 metros, y á $2 c$, para escarpas de menos de 6 metros y para el caso en que los hornillos estén colocados contra el revestimiento ó en el interior de la mampostería, supuesta de una consistencia media.

El capitán Blondiau dedujo de las experiencias hechas en Charleroi en 1867 y 1868 el resultado que vamos á indicar. Sea (fig. 121, lám. 10) δ la altura $A B$ de la escarpa; Δ la $D E$ de la línea de fuego sobre el fondo del foso, l la longitud de la brecha que se va á abrir, m el número de hornillos. Según dicho ingeniero las bases de los embudos no deben ser tangentes, sino que conviene que se corten; sea $a d = \frac{1}{7} l'$ (siendo l' la distancia entre los centros de las bases de los embudos).

Éstos, en vez de ser ordinarios, han de ser recargados y $n = \frac{9}{14} \frac{l'}{h}$; en efecto, $n h = a c = c d + a d = \frac{l'}{2} + \frac{l'}{7} = \frac{9}{14} l'$ y $n = \frac{9}{14} \frac{l'}{h}$.

Para calcular el número de hornillos sirven las fórmulas siguientes:

Para un hornillo, la longitud de

la brecha será. $l = 2 n h = 2 h (0 + n)$

Para 2 ídem, íd. íd. íd. $l = 2 h + 2 n h = 2 h (1 + n)$

Para 3 ídem, íd. íd. íd. $l = 2 \times 2 h + 2 n h = 2 h (2 + n)$

Para m ídem, íd. íd. íd. $l = 2 h (m - 1 + n)$

de donde, poniendo en vez n su valor,

$$m = \frac{7 l - 4 h}{14 h}.$$

Para determinar h se evaluarán con la mayor aproximación posible δ y Δ , se hallarán los valores $\frac{2}{3} \delta$ y $\frac{4}{9} \Delta$ y se tomará para h el mayor. La carga se calcula por la fórmula $C = \frac{3}{2} h^3$.

Para valor de l' se tomará $2 h$, y por lo tanto el de n queda reduci-

do á $\frac{9}{7}$. Las fórmulas del capitán Blondiau son aplicables á los revestimientos con contrafuertes, pues casi siempre los hornillos quedan algo más atrás que la cola de aquellos; la comisión de Bapaume aconseja establecer los hornillos detrás de los contrafuertes, á fin de que una parte de éstos no pueda quedar en pie é impida la caída completa de las tierras. Sin embargo, esto que fácilmente puede conseguirse en las demoliciones, es difícil de obtener en las brechas, pues raras veces el sitiador conocerá la posición de los contrafuertes.

Creemos, pues, que todas las fórmulas que hemos dado á conocer pueden aplicarse indiferentemente á los muros con contrafuertes ó sin ellos y sin necesidad de colocar los hornillos en la cola de aquellos.

La regla de Vauban es la más sencilla y parece que ha producido buenos resultados cuantas veces se ha aplicado; pero las de Blondiau y las deducidas en las experiencias de Bapaume parecen más exactas, pues tienen en cuenta la altura del terraplén y de la escarpa.

Cuando la naturaleza del fondo del foso permite descender por medio de un pozo bajo los cimientos, se dispone el hornillo como indica la figura 122 (lám. 10); la carga se calcula por la fórmula $C = 2 (1,50 h^3)$ en la que $h = o a$. Este procedimiento es mucho más rapido que el anterior.

Cuando el revestimiento tiene galería de escarpa se atraviesa el muro por medio de dos ramales que parten de dos entradas, cuya distancia es algo menor que la longitud de la brecha. Una vez llegado el minador á la galería, puede seguir dos procedimientos distintos, ó establecer en el estribo que da al foso (fig. 123, lám. 10) hornillos introducidos en la mampostería y apuntalados contra el pie del estribo opuesto, ó emplear la pólvora en montones. En el primer caso conviene atracar la galería en la proximidad de cada uno de los hornillos; la carga de éstos se calcula por la fórmula $C = g h^3$, en la que g tiene el valor que corresponde á la clase de mampostería en que se opera. El número de hornillos, siendo l la longitud de la brecha, es $\frac{l}{2h}$, luego la carga total equivale á $C' = \frac{1}{2} g h^2 l$. Cuando la pólvora se emplea en montones es preciso añadir á esta carga $\frac{1}{2}$ de su valor, de modo que la total será en este

caso $\frac{3}{4} g h^2 l$. Esta carga se reparte en varios montones unidos por un reguero de pólvora ó por una salchicha y únicamente se atracan las partes de galería situadas á continuación de los montones extremos y en una longitud igual á $2 h$ ó $2,50 h$. En ambos casos el minador atacante lo primero que debe hacer es separar por medio de un parapeto de sacos terreros, ú otro obstáculo cualquiera, la parte de galería que ha ocupado de la que aún queda en poder del sitiador.

Para la apertura de brechas en los revestimientos no conocemos más reglas que las dadas por Blondiau, y éstas se apoyan en infinidad de prescripciones que el autor no demuestra; sin embargo, á falta de otros datos daremos á conocer los citados tal como se hallan en la Memoria á que dieron lugar las experiencias llevadas á cabo en Charleroi por el expresado ingeniero. Para abrir brecha en un revestimiento en descarga de uno ó dos pisos (fig. 124, lám. 10) se establece en cada contrafuerte un hornillo y éstos se aparean. Sea

$Oc = h$; $AB = \varphi$; $CF = C'F' = A$; $Ac = \theta$; $PQ = \Delta$; $aa' = b$;
la línea de mínima resistencia debe variar con A δ y Δ y tiene los valores siguientes:

$$1.^\circ \quad A \begin{matrix} = \\ > \end{matrix} \frac{1}{2} \Delta \quad \text{y} \quad A \begin{matrix} = \\ > \end{matrix} \frac{9}{10} \varphi \quad h = \frac{2}{3} A.$$

$$2.^\circ \quad A \begin{matrix} = \\ > \end{matrix} \frac{1}{2} \Delta \quad \left\{ \begin{matrix} A < \frac{9}{10} \varphi \\ A = \frac{2}{3} \varphi \\ A > \frac{2}{3} \varphi \end{matrix} \right\} \quad h = \frac{3}{5} A.$$

$$3.^\circ \quad \left\{ \begin{matrix} A < \frac{1}{2} \Delta \\ A = \frac{1}{3} \Delta \\ A > \frac{1}{3} \Delta \end{matrix} \right\} \quad A \begin{matrix} = \\ > \end{matrix} \frac{9}{10} \varphi \quad h = \frac{1}{3} \varphi.$$

$$4.^\circ \quad \left\{ \begin{matrix} A < \frac{1}{2} \Delta \\ A = \frac{1}{3} \Delta \\ A > \frac{1}{3} \Delta \end{matrix} \right\} \quad \left\{ \begin{matrix} A < \frac{9}{10} \varphi \\ A = \frac{2}{3} \varphi \\ A > \frac{2}{3} \varphi \end{matrix} \right\} \quad \left\{ \begin{matrix} h = \text{al ma-} \\ \text{yor de los} \\ \text{dos valo-} \\ \text{res } \frac{3}{5} \varphi \\ \text{y } \frac{1}{3} \Delta. \end{matrix} \right.$$

$$5.^\circ \quad A < \frac{1}{3} \Delta \quad A < \frac{2}{3} \varphi \quad \left. \begin{array}{l} h = A \text{ lími-} \\ \text{te mayor} \\ \text{de los va-} \\ \text{lores de } h. \end{array} \right\}$$

Las cargas deben calcularse de modo que produzcan embudos cuyas bases sean tangentes, empleando la fórmula

$$c = (0,1114 + 0,561 l)^3 \text{ para los hornillos recargados.}$$

$$c = (0,7054 + 0,264 l)^3 \text{ para los hornillos subcargados.}$$

Para practicar las brechas y teniendo en cuenta que debe haber un hornillo en cada contrafuerte, se procura entrar en ramal siguiendo el eje de las bóvedas, y luego se establecerán los hornillos O y O' de modo que h tenga el valor ya determinado, para lo cual habrá que valuar aproximadamente φ y Δ ; los hornillos se establecerán á una altura $A C = \theta$, próximamente igual á $\frac{1}{6} \varphi$, y durante la operación se procurará determinar exactamente, por medio de excavaciones hechas en las tierras cuando las bóvedas estén rellenas, el valor de A ; con lo que se podrá determinar la posición definitiva de las cargas. No es necesario establecer los hornillos en el centro del espesor de los piés derechos, hasta que la caja esté completamente introducida en la mampostería, pero en este caso se cierra la cámara con un tablero de 0^m,10 de espesor y se atraca con mucho cuidado el ramal que une los dos hornillos.

En vez de las fórmulas de Blondiau pueden emplearse otras más sencillas y son las siguientes:

Cuando hay un solo piso de bóvedas, $C = 1,87 h^3$.

Cuando hay varios, $C = 2 h^3$.

Cuando las bóvedas están llenas de tierra, deben establecerse los hornillos en los piés-derechos y á la altura del arranque; h debe tomarse igual al tercio de la altura del paramento sobre el fondo del foso.

Hoy día puede ser necesario abrir brechas en la contraescarpa. Las experiencias de Bapaume han demostrado que en este caso convenía colocar una serie de hornillos, cuyos embudos fueran tangentes en sus bases. La línea de mínima resistencia h es igual á $\frac{4}{3} D$, siendo

La altura del terraplén sobre el hornillo y la carga se calcula por la fórmula $C = 1,50 h^3$.

A estos hornillos se llega generalmente por medio de pozos y conviene que se hallen á 0^m,50 ó 0^m,60 sobre el nivel del fondo del foso.

En algunos casos convendría abrir una brecha al través de un cubrecaras ó macizo de tierra que cubre una escarpa. Según las experiencias de Bapaume se procede entonces como sigue:

Se establecen en un mismo plano horizontal cinco hornillos; los proyectados en *a* (fig. 125, lám. 10) distan el doble de la línea de mínima resistencia y ésta es $h = \frac{1}{4} e$, siendo *e* el espesor del cubrecara; los proyectados en *b* se establecen del mismo modo; para el *c* se toma la distancia *cd* como línea de mínima resistencia y las cargas de cada hornillo se calculan por la fórmula $C = 2 (1,50 h^3)$.

También pudiera emplearse un solo hornillo, situado en el centro del espesor y con una línea de mínima resistencia igual á $\frac{1}{2} e$, calculando la carga por la fórmula $C = 2 (1,50 h^3)$. Este procedimiento es mucho más breve que el anterior. En el primer caso los cuatro hornillos proyectados en *a* y *b* deben hacer explosión simultáneamente y el *c* un poco después.

Según el general Picot, puede abrirse brecha en un muro de revestimiento por medio de hornillos al aire libre y cuya carga se calcula por la fórmula $C = 12 h^3$.

Este procedimiento tiene la ventaja de ser muy rápido; pero exige gran cantidad de pólvora y no es seguro. Para abrir brecha en un muro de 3 metros de espesor, suponiendo que el centro de la carga estuviera á 0^m,40 de su paramento (ó lo que es igual, que el lado exterior de la caja fuera de 0^m,80) la fórmula dará una carga de $12 (3,40)^3 = 472$ kilogramos; la brecha tendrá una longitud de 6^m,80; si ésta hubiera de ser igual á 20 metros, sería preciso emplear 3 hornillos y 1416 kilogramos de pólvora, cantidad excesiva.

El sitiado puede escarpar la brecha ó inutilizarla por medio de una carga alargada de una longitud igual á la de aquella; esta carga se establece, bien partiendo de la galería de escarpa, cuando existe, ó prepa-

rando con anterioridad un alojamiento en el fondo del foso, y se calcula multiplicando el peso de la tierra que forma la rampa, en kilogramos, por la cantidad de pólvora necesaria para levantar 1 kilogramo; y como conviene proyectar los escombros sobre el camino cubierto, á fin de dañar al enemigo, se duplica la carga hallada. En Bapaume se hizo una experiencia para escarpar una brecha de 15 metros de longitud: el peso de las tierras que debían removerse era de 187 kilogramos y la cantidad de pólvora necesaria para mover 1 metro cúbico, 0,793 kilogramos; la carga resultó ser de 148,45 kilogramos y su duplo 300 kilogramos próximamente. La carga así calculada se estableció en una canal de 13^m,40 de longitud y 0^m,20 por 0^m,16 de sección interior, sobre la cual se colocaron dos capas de sacos de tierra. La brecha resultó impracticable después de la explosión. Cuando hay galería de escarpa es necesario establecer la carga á alguna distancia del pie de aquella para no inutilizarla.

Demoliciones.

Antes de dar á conocer las reglas para llevarlas á cabo, vamos á indicar la diferencia que existe entre demoler y desmantelar, palabras que frecuentemente se confunden. *Demoler*, del verbo latino *demolere*, significa echar por tierra una obra. *Desmantelar*, del italiano *smantellare*, es inutilizar una fortaleza por completo, dejándola totalmente inservible. En tiempo de paz se demuelen las plazas, pues como hay tiempo suficiente para llevar á cabo el trabajo, una vez destruidos los muros por medio de la pólvora, se hacen desaparecer los terraplenes, por los medios ordinarios; en tiempo de guerra se desmantelan las plazas, es decir, que se destruyen las mamposterías y los terraplenes por medio de la pólvora, de modo que en el primer caso se economiza la pólvora cuanto es posible, y en el segundo, como en general habrá que obrar con rapidez, no hay más remedio que sacrificar mucha pólvora. Los minadores no han hecho esta distinción, que sólo encontramos en la obra de Blondiau, ya citada; así es que sólo existen reglas que lo mismo pueden aplicarse á demoliciones que á desmantelamientos.

Muros aislados.

1.º *Muros de más de 1^m,50 de espesor.*—Se establecen á través del muro ramales de 0^m,80 de anchura y 1 de altura y de ellos parten otros dos, que les son perpendiculares, de 0^m,65 de anchura y 0^m,80 ó 1 de altura; en el extremo de estos últimos y á la mitad del espesor del muro se

colocan los hornillos cuyas líneas de mínima resistencia son iguales á la mitad del espesor del muro. El número de hornillos se calcula de manera que las bases de los embudos sean tangentes, y como cada hornillo abre dos embudos, uno en cada paramento, la pérdida de gases es muy grande, por lo cual conviene aumentar en $\frac{1}{10}$ la carga que correspondería á los hornillos obrando como ordinarios. Si llamamos h al espesor del muro, l la longitud de la parte que queremos demoler, g el coeficiente correspondiente á la mampostería de que está construido y n el número de hornillos, la carga de cada uno será

$$C = \frac{11}{10} g \left(\frac{1}{2} h \right)^3 = \frac{11}{80} g h^3$$

y el número de hornillos, $n = \frac{l}{h}$. Cuando se tenga suficiente número de minadores puede abrirse un ramal para cada hornillo. La regla dada se aplica á toda clase de muros, cualquiera que sea su planta; pero en las circulares conviene establecer los hornillos más cerca del paramento cóncavo, que presenta mayor resistencia.

En este caso, si hay piedras formando perpiaño, será difícil recurrir al procedimiento anterior, y si el terreno es seco y no resistente, se abre un pozo (fig. 126, lám. 10), y debajo del centro del espesor del muro se coloca la carga, tomando AB por línea de mínima resistencia. Si esto no fuera posible y costara mucho trabajo llegar hasta el centro del espesor, se podrá establecer el hornillo más cerca del paramento, pero habrá que aumentar la carga, teniendo en cuenta que el ramal es incompleto y el atraque también.

En este caso habría que establecer, siguiendo el método general, un gran número de hornillos muy pequeños, y es preferible colocar las cargas al pié del muro y enterradas de modo que puedan considerarse como cargas sin ramal ni atraque y colocadas en cajas que solo presenten una cara al aire libre. Si llamamos C á la carga de pólvora $g h^3$ correspondiente á un hornillo ordinario que pueda demoler un muro de espesor h , el valor C' de cada una de las cargas enterradas será $C' = 11,213 c$;

Muros de
1^m,50 de es-
pesor.

Muros de
menos de 1
metro de es-
pesor.

estas cargas deberán colocarse á distancias iguales al doble del espesor del muro ó sea doble de la línea de mínima resistencia.

También se puede emplear la fórmula $C = 3,5 g r^3$, en que r es la distancia del centro de la carga introducida en un saco, á la extremidad de la brecha en el paramento opuesto. Si se quiere abrir en un muro de 0^m,50 de espesor una brecha de 2 metros de longitud, se coloca en una zanja de 0^m,40 á 0^m,50 de profundidad un saco con 15 kilogramos de pólvora y se cubre con otros terreros, y si no hay tiempo de hacer la zanja, basta colocar dos sacos de pólvora al pié del muro y cubrirlos con varios sacos de tierra; es preciso poner en contacto la pólvora de los dos sacos, á fin de que la explosión sea simultánea. Para estos casos son preferibles las pólvoras vivas.

Muros
de revesti-
miento.

Varias son las reglas dadas para la demolición de esta clase de muros. Vauban establecía los hornillos á una distancia del paramento exterior igual por lo menos al doble de la que existe entre el centro de la carga y el plano que limita las tierras por la parte superior. Calculaba la carga de cada hornillo por la fórmula $C = g h^3$, tomando para g el valor correspondiente á las tierras ordinarias y luego añadía á la cantidad hallada $\frac{1}{3}$ ó $\frac{1}{4}$ de su valor. Cormontaigne empleaba las mismas disposiciones que Vauban, pero sólo daba á los hornillos la carga determinada por la fórmula.

El objeto de hacer la distancia al terraplén doble de la línea de mínima resistencia, es evitar que el embudo se abra en las tierras, pero experiencias recientes han demostrado que cuando las tierras están bien apisonadas, basta que estas distancias sean iguales, y en el caso contrario, la primera algo mayor que la segunda. Lebrun tomaba para valor de g el correspondiente á la mampostería, pero esto da cargas excesivas y en general basta darle el que corresponde al terreno ordinario de minadores. Generalmente se da á los ramales que atraviesan el muro una pendiente ascendente, á fin de que los hornillos no obren sobre la parte de mampostería que queda debajo del foso y que es contenida por este, pero si se quiere destruir los cimientos, conviene no colocar los hornillos á una altura mayor que la línea de mínima resistencia. En algunos casos se llega á los emplazamientos de los hornillos por medio de pozos adosados al paramento interior de la escarpa, pero es preciso que tengan

suficiente profundidad para que el atraque pueda ser completo. Si se llega á los hornillos por medio de ramales, conviene no colocarlos en retorno en las tierras á no ser que éstas sean de mucha cohesión; las cajas deben enterrarse siempre en la mampostería. En resumen, para la demolición de un muro de revestimiento sin contrafuertes, se establecen hornillos en su paramento interior; las cargas se calculan por la fórmula $C = 1,50 h^3$, siendo h el espesor del muro, y la distancia entre ellos se toma igual á $2 h$. La experiencia ha demostrado que los hornillos colocados en los ángulos producen mayor efecto que los establecidos en las partes rectas, y si los ángulos son agudos, el efecto es mayor que cuando son obtusos, y en los ángulos entrantes es en donde producen menos efecto. Todas estas prescripciones conviene tenerlas en cuenta.

Si el revestimiento tiene contrafuertes de menos de 1 metro de longitud, se prescindirá de ellos; pero si la longitud es mayor, se establecerán los hornillos en los mismos contrafuertes, en su raíz ó más allá, según el espesor del muro y la distancia entre ellos, pues los embudos deben ser siempre tangentes.

Cuando los muros tienen galería de escarpa adosada al paramento interior, se procederá del modo indicado para la apertura de brecha en el mismo caso; pero si esta galería fuese de grandes dimensiones, habrá que aumentar las cargas que allí indicamos. Si la galería estuviera en el centro del muro y los hornillos se colocaran sobre ella, sería preciso que su distancia al techo fuese menor que la línea de mínima resistencia con relación al paramento exterior, á fin de que se tuviera seguridad de destruirla.

En los desmantelamientos conviene obrar sobre las tierras que hay detrás de las escarpas, á fin de destruir los terraplenes y con este objeto pueden adoptarse dos disposiciones: *primera*, colocar una sola fila de hornillos introduciéndolos en las tierras, en vez de estarlo en las mamposterías, y tomar por línea de mínima resistencia h la distancia del centro de la carga al paramento exterior; las cargas se calculan por la fórmula $C = 1,50 h^3$; la distancia entre los hornillos $2 h$; *segunda*, se establecen dos filas de hornillos (fig. 127, lám. 10), los de la primera $a b$ como en el caso ordinario, las de la segunda en los intervalos de las an-

teriores. La línea de mínima resistencia es $ed = H = 2h$ y la carga se calcula por la fórmula

$$C' = \frac{1,50 H^3}{2} \quad \text{ó} \quad \frac{1,50 H^3}{5},$$

según la mayor ó menor consistencia de las tierras. Estos hornillos hacen explosión un poco después que los de primera fila. Este segundo procedimiento parece preferible, pues la experiencia ha demostrado que daba mejores resultados.

El capitán Blondiau da para las demoliciones una serie de reglas bastante completas que vamos á exponer.

1.º *Revestimiento sin contrafuertes.*—Conservando las mismas letras que para el caso de las brechas toma

$$h = \frac{1}{2} \delta, \quad n = \frac{9}{7}, \quad C = \frac{3}{2} h^3 = \frac{3}{16} \delta^3,$$

ó más sencillamente, $C = \frac{1}{3} \delta^3$. La altura límite de los hornillos, á fin de que los cimientos queden completamente demolidos, es $\theta = \frac{2}{3} \delta$. Blondiau dice que este valor no está comprobado; el número de hornillos es $n = \frac{L}{\delta}$, siendo L la longitud de escarpa que se quiere demoler.

2.º *Revestimientos con contrafuertes.*—Se tomará por línea de mínima resistencia un valor comprendido entre $\frac{2}{3} A$ y A ; el primer valor solo se tomará cuando la tierra sostenida por el muro sea de poca cohesión; en general conviene emplear el segundo. Debe colocarse un hornillo por contrafuerte como indica la figura 124 (lám. 10). Los hornillos deben calcularse de modo que las bases de sus embudos se corten y el valor de n , relación entre el radio de la base y la línea de mínima resistencia, se calcula por la fórmula $n = \frac{9}{14} \frac{l}{h}$, en la que l representa la distancia entre los hornillos.

Si $n > 1$ se emplea la fórmula. . . $C = (0,08 h + 0,53 l)^3$

Si $n < 1$ » » . . . $C = (0,52 h + 0,25 l)^3$.

Como en el caso anterior se toma $\theta = \frac{2}{3} \delta$.

3.º *Revestimiento en descarga.*—Se tomará para valor de la línea de mínima resistencia $h = \frac{2}{3} A$, siendo A la distancia desde el paramento

exterior hasta la cola del contrafuerte; los hornillos, lo mismo que en el caso anterior, se aparearán. La carga se calculará por las fórmulas

$$C = (0,111 h + 0,561 l)^3 \quad \text{si} \quad n = \frac{l}{2h} > 1$$

$$C = (0,705 h + 0,264 l)^3 \quad \text{»} \quad n = \frac{l}{2h} < 1.$$

Para θ se tomará el mayor de los dos valores $\frac{2}{3} \delta$ y $\delta - \frac{2}{3} \Delta$.

4.º Si se quiere producir en las tierras efectos más considerables que los obtenidos con las disposiciones indicadas, se recurre á establecer dos filas de hornillos que se dispondrán de distinto modo, según se trate de una brecha ó de una demolición. Llamemos φ (fig. 128, lám. 10) la distancia AQ del paramento exterior al plano vertical que pasa por la línea de fuegos, h_1 (fig. 128^{bis}, lám. 10) la línea de mínima resistencia $F_2 a$ de los hornillos de primera fila y h_2 la $f_1 A_1$ de los de segunda.

1.º *Hornillo de brecha.*—Si

$$h_1 = \frac{1}{2} h_2, \quad h_1 + \frac{1}{2} h_2 = \varphi;$$

en caso contrario se tomará $\frac{1}{2} h_2 = \varphi - h_1$. La carga se calculará por la fórmula $C = \frac{3}{4} (\frac{1}{2} h_2)^3$ y se adoptará para θ el mayor de los valores $\frac{2}{3} \delta$ y $\delta - \frac{2}{3} \Delta$.

2.º *Hornillo de desmantelamiento.*—Se tomarán para h_2 y θ los mismos valores que en el caso anterior y $C = \frac{3}{2} (\frac{1}{2} h_2)^3$. La única diferencia consiste, pues, en que en este segundo caso las cargas son mayores, lo que es racional, pues en el primero sólo se trata de suavizar la pendiente y debe procurarse no abrir embudos, mientras en el segundo conviene dispersar las tierras.

Las fórmulas de Blondiau nos parecen muy racionales y tienen sobre todo la ventaja de que sirven para casos que aún no se habían resuelto.

Si los muros son de poco espesor, puede lograrse zapando sus cimien- Demolición de edificios.
tos y dejándolos sostenidos por piés derechos que se destruyen, empleando hornillos cargados con 5 ó 6 kilogramos de pólvora (1) que deben hacer explosión simultáneamente.

Si los muros son muy gruesos (fig. 129, lám. 10) se establecen los

(1) También pueden demolerse las habitaciones ordinarias por medio de barriles de pólvora colocados en los sótanos ó en el piso bajo, cuando aquellos no existen; para esto hay que tapiar bien todos los vanos.

hornillos en el centro del espesor, colocando uno en cada intersección de los de fachada con los transversales. Las cargas se calculan por la fórmula $C = g h^3$, en la que h representa el semi-espesor para los hornillos O' y la mitad de los diagonales $a'b$ y cd para los O y O'' .

Este método requiere mucho tiempo y puede abreviarse adosando las cargas á los muros y tomando el espesor total por valor de h . Este procedimiento exige mayor cantidad de pólvora. En ambos casos conviene cerrar los vanos de la habitación en que se colocan las cargas, y en el segundo atracarla y apuntalar las cajas. La distancia entre los hornillos debe ser tal, que los embudos resulten tangentes, ó que se corten, si se quiere mayor seguridad. A fin de evitar la proyección de fragmentos de muro, conviene que los hornillos obren hácia dentro, así es, que en general, la entrada de los ramales se halla en el paramento interior. Las explosiones han de ser simultáneas.

Todavía puede seguirse otro procedimiento para demoler una habitación y consiste en abrir un pozo cuyo fondo esté por debajo de los cimientos y colocar en él una carga, tomando por valor de g el correspondiente al terreno sobre que aquellos descansan y la línea de mínima resistencia suficiente para que el embudo producido contenga en su interior el edificio que se quiere demoler. Igual procedimiento puede seguirse para la destrucción de un grupo de edificios.

Cuando no se quiera demoler más que una parte del edificio, es necesario romper todas las trabazones que por medio de suelos, bóvedas, muros, etc., existen entre la parte que debe demolerse y la que ha de conservarse.

Para demoler una fachada puede emplearse (fig. 130, lám. 10) un hornillo recargado cuyo radio del embudo oa sea tal que la parte $a'b' = l$ interceptada por la base de aquel, resulte igual á la longitud que se trate de destruir. La distancia oc debe ser igual á $\frac{h}{2}$ y el valor de n se calcula por el triángulo oac en que

$$ac = \frac{1}{2}l = \sqrt{n^2 h^2 - \frac{1}{4}h^2} = \frac{h}{2} \sqrt{4n^2 - 1} \quad \gg \quad n^2 = \frac{1}{4} \left(1 + \frac{l^2}{h^2} \right);$$

h es igual á la profundidad á que se coloca la carga.

Las torres circulares se demuelen por medio de hornillos colocados

á los $\frac{4}{10}$ del espesor del muro á partir del paramento interior; la carga se calcula por la fórmula $C = g h^3$, en que $h = \frac{6}{10}$ del espesor; la distancia entre los hornillos debe ser igual á $2 h$.

Si el diámetro de la torre es menor de 6 metros, basta colocar dos ó tres cargas de pólvora adosadas al paramento interior y tomar el espesor del muro por línea de mínima resistencia. Finalmente, si el diámetro es inferior á 4 metros, se abre en el centro de la torre un pozo que llegue á mayor profundidad que los cimientos y se coloca en él una carga que produzca en el terreno un embudo cuya base quede circunscrita á la de la torre.

Los edificios abovedados de planta rectangular pueden demolerse por el método ya indicado para toda clase de edificaciones, pero se recurre por lo general al empleo de la pólvora en montones. Para calcular las cargas, se halla el perímetro interior del edificio y se determina el número de hornillos necesarios para la destrucción de aquel, suponiendo que sus embudos hayan de ser tangentes y que tengan una línea de mínima resistencia igual al espesor de los muros. El número de hornillos así hallado, se multiplica por la carga correspondiente á uno de ellos y se aumenta en $\frac{1}{4}$ el producto obtenido. Sea l el perímetro interior del edificio, E su espesor, el número de hornillos será $\frac{l}{2 E}$, y siendo $g E^3$ la carga de cada uno, $\frac{g l E^2}{2}$ será la total y $C = \frac{3}{4} g l E^2$ la buscada.

Si la superficie interior excede á 140 metros, la fórmula empleada es la siguiente:

$$C = g E^3 \left(\frac{3}{2} \frac{l}{2 E} + \frac{S - 140}{8} \right),$$

es decir, que se multiplica, además, la carga de un hornillo ordinario por la octava parte de la diferencia entre la superficie del edificio y 140 metros cuadrados.

Cuando hay que destruir una serie de casamatas y los apoyos intermedios son simplemente pilas, basta colocar las cargas en casamatas alternadas, pues es lo suficiente para que los piés derechos se desplomen por el empuje de las bóvedas que quedan en pié.

Cuando hay que destruir grupos de edificios, conviene disponer las cargas de modo que den hornillos recargados, cuyos embudos envuelvan la base de aquellos.

Si los edificios que han de demolerse se hallan cubiertos con una capa de tierra, se emplean $n = \frac{l}{2h}$ hornillos cuya carga es $C = g h^3$, siendo $h = e + \frac{1}{3} e'$; g coeficiente que corresponde á la mampostería; e espesor de la mampostería y e' espesor de la capa de tierras.

Empleando la pólvora en montones, la carga total es $C' = \frac{3}{2} n C$.

En la demolición de toda clase de edificios deben taparse los vanos; si esto no se hace y la pólvora se emplea en montones, hay que duplicar los valores de las cargas halladas por las fórmulas anteriores.

Destrucción de puentes.

Estos pueden ser de piedra, de madera ó metálicos. Estos últimos no pueden destruirse por medio de la pólvora y hay que recurrir á la dinamita.

La destrucción de los puentes de mampostería puede lograrse, bien rompiendo los apoyos, bien volando los arcos.

Los estribos, que generalmente lo son tan solo los dos apoyos de las orillas, se destruyen siguiendo las reglas dadas para demoler los revestimientos.

Las pilas pueden demolerse por medio de hornillos recargados que se establecen á la menor altura posible y de modo que sus centros se hallen en la mitad del espesor. Las cargas se calculan por la fórmula $C = g n^3 h^3$, en la que n puede variar entre 1,50 y 2; el número N de hornillos se determina en función de la longitud L de la pila, de n y de h por la fórmula $N = \frac{L}{2 n h}$; h es igual al semi-espesor de la pila; generalmente se emplean por metro longitudinal de pila 25 kilogramos de pólvora.

Si fuera posible abrir un pozo que llegara hasta debajo de los cimientos y establecer en él las cargas, se seguirá este sistema que evita el abrir ramales en la mampostería. Esto soló podrá hacerse cuando los puentes estén en seco ó en las pilas de los viaductos.

Para penetrar en ramal en las pilas, se establece una balsa ó una compuerta, en donde se colocan los minadores, haciendo la entrada á

0^m,50 ó 1 metro por encima del nivel del agua; al ramal se le suele dar 0^m,8 de lado y á veces uno sirve para dos hornillos (fig. 131, lám. 10). Las explosiones deben ser simultáneas, y á fin de que no hagan su efecto en la calzada, conviene que la distancia del hornillo á la parte superior del puente sea por lo menos igual á la longitud del atraque correspondiente á la carga en él contenida.

En los puentes de mampostería de alguna importancia y situados sobre vías de comunicación expuestas á caer en poder del enemigo en caso de invasión, se dejan, al construirlos, cámaras de minas en las pilas (fig. 132, lám. 10) á las cuales se baja por pozos cuya boca se cubre con una losa de piedra ó con una plancha de fundición. Conviene que la boca de los pozos no se halle en el centro de la calzada, para que al abrirlos no quede interrumpida la circulación; al suelo de la cámara se le da una pequeña pendiente, á fin de que las aguas que accidentalmente se reúnen en ella vengán á parar al fondo del pozo, del cual parte una canal que las conduce al exterior. Empleando envases impermeables, pueden cargarse estos hornillos con gran anticipación y dejarlo todo dispuesto para dar fuego por medio de electricidad en el momento oportuno.

La destrucción de las pilas es la que mayor influencia tiene en la del puente, pero exige mucho tiempo y muchas veces no puede disponerse de él; entonces habrá que recurrir á demoler los arcos. La destrucción de un solo arco puede producir la de todo el puente, si los apoyos intermedios están calculados, teniendo en cuenta que los empujes de los dos arcos que concurren en ellos se equilibren, pues entonces, al faltar aquel, el equilibrio del sistema queda roto. Los austriacos admiten que para destruir un puente de modo que su recomposición sea muy difícil con los recursos de que puede disponer un ejército en campaña, es preciso que la longitud de la brecha abierta en él sea por lo menos de 20 metros. Cuando solo se pueda destruir un arco, se procurará elegir el de mayor luz, ó bien el que corresponda á la parte en que la mayor rapidez y profundidad de la corriente dificulten la reparación. Solo en el caso de tener poca pólvora ó poco tiempo se recurre á destruir el arco más débil.

Los hornillos se colocan en la clave de la bóveda y se llega á ellos por medio de pozos que terminan en el trasdós. Según el general Picot,

el empleo de trincheras en cruz sobre la clave es vicioso, porque la pólvora que se halle en la trinchera longitudinal apenas produce efecto. La carga se calcula por la fórmula $C = g n^3 h^3$, en la que n tiene valores comprendidos entre 1,50 y 2; h es el espesor de la bóveda aumentando en la mitad del lado de la caja que contiene la carga. El número de hornillos se calcula por la fórmula $N = \frac{A}{2 n h}$ en la que A representa la anchura del puente. En general, la profundidad de los pozos será menor que la longitud del atraque correspondiente á la carga y entonces habrá que calcularla por la fórmula dada para el caso de los atraques y ramales incompletos. Conviene entrar en los pozos por las aceras, pues de este modo el recodo que es preciso formar para llegar á los hornillos, aumenta la longitud del atraque y además no se interrumpe la circulación.

Los generales Picot y Guilleman opinan que conviene repartir la pólvora en dos ó tres hornillos, en vez de emplear uno sólo en el centro, pues dicen que en este último caso pudiera suceder que á ambos lados del embudo quedaran pasos por donde podría transitar la infantería. El general Bourgoyne es de opinión contraria, cuando el tiempo urge, pues dice que en este caso el compasamiento de los fuegos dificulta las operaciones y hace el resultado inseguro.

El empleo de la electricidad hace desaparecer semejantes inconvenientes y por lo tanto nos parece más acertada la opinión de Picot y Guilleman; pues el puente quedará completamente inutilizado. Si el puente es estrecho y exige un solo hornillo, puede suceder que la resistencia en sentido vertical sea mayor que en sentido horizontal, en cuyo caso es fácil que la explosión destruya las cabezas de los arcos y no forme embudo. Este inconveniente se evitará, siempre que la profundidad del pozo sea á lo más igual á la semi-anchura del puente. Se procurará, si hay tiempo, destruir por medio del zapapico los parapetos, aceras y todo lo que pueda dar al puente alguna resistencia: así como también convendrá recargar algún tanto los hornillos próximos á las cabezas de las bóvedas.

La práctica ha demostrado que abriendo á lo largo de las claves una trinchera de 0^m,50 de profundidad y cargándola con 150 á 200 kilogramos de pólvora atracada con tierra y maderas podrán destruirse puen-

tes cuya luz fuera inferior á 8 metros y el espesor en la clave de 1^m,30. Las bóvedas rebajadas necesitan, á espesor igual, menos carga que las de medio punto, y éstas las exigen tanto menores cuanto mayor es la luz, resultados que se explican perfectamente por la teoría de la resistencia de las bóvedas.

Se ha observado que colocando sobre la calzada de un puente una caja llena de pólvora y dándole fuego, se obtenía en la bóveda un embudo cuyo diámetro era la mitad del producido por un hornillo ordinario de la misma carga en terreno ordinario. Partiendo de este principio, el general Picot propone destruir los arcos por medio de cargas al aire libre, calculadas por la fórmula $C = 1,50 (2h)^3 = 12h^3$, siendo h el radio del embudo que se quiere producir. Lo mismo que en el caso de emplear hornillos, conviene repartir la carga en dos ó tres montones y hacer las explosiones simultáneas.

Si el tiempo urge puede destruirse un puente de mampostería de dimensiones ordinarias, colocando bajo la clave una carga de 300 á 400 kilogramos de pólvora; esta carga se suspende del intradós ó se sostiene por medio de un andamiaje apoyado en una balsa ó compuerta.

Cuando se tiene poca pólvora, se abre una trinchera en cada riñón de la bóveda; en una de las trincheras se colocan cargas de 12 á 15 kilogramos bien atracadas, la otra se deja vacía.

La explosión produce embudos en el intradós que, unidos á lo debilitada que la bóveda ha quedado por la trinchera abierta por el riñón opuesto, pueden producir el desplome.

Al destruir puentes importantes en el propio país, debe combinarse la dificultad de la reparación por parte del enemigo, con la economía que resultará al Estado al reparar el puente terminada la guerra.

Con este objeto solo se destruirán aquellos puentes que sean de utilidad al enemigo, y áun en este caso se procurará respetar los estribos y las cimentaciones que en rios muy caudalosos son costosas y difíciles de ejecutar. El oficial de ingenieros encargado de estas destrucciones deberá exigir orden por escrito, pues es operación que envuelve gran responsabilidad.

Para destruir puentes de madera pueden emplearse cargas de 25 á 50 kilogramos por tramo, cuando se colocan debajo del tablero, y de 75

á 150 si se sitúan encima, en cuyo caso deben atracarse. Conviene repartir estas cargas en varios montones y las explosiones deben ser simultáneas.

Sumergiendo las cargas pueden también obtenerse buenos resultados y se ha visto que 100 kilogramos de pólvora á 3^m,50 de profundidad colocados debajo del eje de un puente y equidistantes de cepas situadas á 4 metros y compuestas de tres pilotes de 0^m,22 de diámetro, han bastado para demoler el tablero y los apoyos.

Veinte kilogramos de pólvora situados á 2 ó 3 metros de profundidad han destruido algunas veces un tramo de puente de caballetes.

Las cargas sobre el tablero sólo se emplearán cuando el tiempo urja.

Demolición
de
cisternas,
galerías,
túneles
y pozos.

Las cisternas pueden demolerse como edificios abovedados, ó bien cuando tienen agua se coloca en su centro una balsa sobre la que se establece la carga. Si es posible llegar debajo de los cimientos por medio de un pozo, se sigue este procedimiento.

Las galerías de mina ó poternas pueden demolerse por medio de barrenos que se abren en sus pies derechos de metro en metro. También puede establecerse de 4 en 4 metros hornillos con 5 ó 6 kilogramos de pólvora; los ramales deben atracarse bien y en los extremos del atraque se apuntalan.

Para convertir una galería en trinchera, se establecen de 12 en 12 metros montones de pólvora, conteniendo tantas veces 30 kilogramos como metros hay desde el suelo de la galería á la superficie del terreno.

También se destruyen las galerías de mina por medio de hornillos cuyo elipsoide de rotura las comprenda. Este es el sistema seguido en la guerra de minas.

La demolición de túneles se efectúa por medio de hornillos establecidos en los pies derechos. Las cargas se calculan por medio de la fórmula general y la distancia entre ellas debe ser tal que los embudos sean tangentes, ó se corten. Si los ramales ó los atraques son incompletos, han de tenerse en cuenta estas circunstancias. En los túneles próximos á la frontera se suelen disponer en tiempo de paz los hornillos y ramales correspondientes, á fin de que en tiempo de guerra no haya más que cargarlos. En Francia una instrucción de 1857 dispone que se dé á los hornillos una línea de mínima resistencia de 2^m,50 por lo menos; las cargas de 200 kilogramos y la distancia entre ellas de 8 metros.

Los túneles pueden también demolerse estableciendo en uno de los pies derechos y á mitad de su altura dos hornillos de 4 á 6 metros de l. m. r. y con una carga $C = 2 g h^3$; siendo g el coeficiente que corresponde al material que forma las paredes del túnel; en el estribo opuesto se establecen frente á los dos hornillos dichos, otros dos en iguales condiciones, y en la bóveda de modo que se proyecte en el centro del rectángulo formado por los cuatro hornillos anteriores, un quinto hornillo á 6 metros del intradós y con 1000 kilogramos de pólvora en terreno ordinario y 2000 en la roca.

Los pozos se destruyen estableciendo cuatro hornillos en los extremos de dos diámetros perpendiculares y cargándolos según su línea de mínima resistencia y clase de mampostería que sirve de revestimiento á las paredes. También puede emplearse un barril con 100 kilogramos, suspendido á poca distancia del nivel del agua. Si los pozos se hallan abiertos en la roca es preferible cegarlos arrojando materiales muy voluminosos.

Estas tienen por objeto la destrucción de obras hidráulicas (presas, diques, etc.), de navios sumergidos y de rocas que dificultan ó impiden la navegación. Demoliciones debajo del agua.

Para demoler una presa, dique, ataguía, etc., se establece la carga contra la pared de la obra que se quiere destruir; aquella se calcula por la fórmula $C = g h^3$; en la que h es el espesor de la obra, g el coeficiente que corresponde al material de que está formada.

Conviene que haya sobre la carga dos ó tres metros de agua, pues de lo contrario gran parte de la fuerza de la pólvora se gastaría en levantar una gran columna de liquido; la carga debe estar adosada á la obra. La roca se destruye, bien estableciendo sobre ella cajas de pólvora que se amarran al fondo y se colocan por buzos, bien por medio de barrenos ú hornillos. En el primer caso, si la profundidad es pequeña se pueden abrir los barrenos sin necesidad de ninguna operación preliminar, y luego se introduce la carga en cartuchos impermeables. Si la profundidad es grande ó hay que establecer hornillos, se empieza por formar al rededor de la roca una ataguía cuyo interior se agota.

El empleo de cargas de 50 kilogramos, colocadas sobre las rocas,

parece que ha dado buenos resultados. La destrucción de los navíos sumergidos se obtiene por medio de cargas que se colocan por medio de buzos contra sus costados y si es posible debajo. Se pueden emplear cargas de 100 kilogramos, aumentándolas si dan resultado deficiente. En las demoliciones subacuáticas se ha visto que el agua forma un excelente atraque; pero conviene que las cargas se hallen por lo menos á 2 ó 3 metros de profundidad. Las envolturas han de ser muy impermeables, sobre todo cuando no se da fuego á las cargas inmediatamente después de colocadas (1).

Destruc-
ción de es-
ta cadas,
frisas, puer-
tas y barre-
ras.

En estas destrucciones las cargas se emplean al aire libre, generalmente en sacos que se cubren con otros llenos de tierra ó arena que hacen el papel de atraque.

Si la estacada se halla al pie de un talud, como sucede en los caminos cubiertos, se establecen sacos con 10 kilogramos de pólvora cubiertos con dos de tierra y equidistantes 1 metro, con lo que se forma una brecha continua. Cada saco de 10 kilogramos rompe generalmente cuatro estacas. Los sacos se establecen entre el pie del talud y la estacada; cuando aquel no existe es preciso establecer el saco en un hoyo de 0^m,50 de profundidad que luego se rellena, apisonando bien la tierra, ó emplear sacos con 15 kilogramos de pólvora y cubiertos con cuatro llenos de tierra. Cuando la estacada tiene detrás una banquetta, hay que emplear cargas más considerables que puedan llegar hasta 150 kilogramos.

Las frisas se destruyen como las estacadas, empleando cargas de 10 kilogramos á 1 metro de distancia; cuando estas se hallen debajo de las frisas producen efectos más considerables, pero en cambio las astillas saltan á mayor distancia y pueden herir á los asaltantes de la obra cuyas frisas se destruyen. Las cargas deben colocarse siempre al pie de las frisas, bien sea sosteniéndolas á cierta altura, cuando se colocan debajo, bien suspendiéndolas de las puntas de aquellas, si se ponen encima.

Para destruir las puertas se emplea el petardo, que es un tronco de cono de bronce ó fundición cuya base mayor está cerrada por una tabla

(1) La destrucción de hielos se hace por medio de cargas contenidas en cartuchos impermeables que se introducen por barrenos hechos en el hielo á 0^m,50 por debajo de aquel; la carga se calcula por la fórmula $C = h^3$.

de madera muy gruesa, y la menor tiene en su centro un orificio para introducir la mecha ó cebo que da fuego á la carga de pólvora, que es en general de 4 á 5 kilogramos, suficiente para una puerta ordinaria. Se puede formar un petardo clavando sobre una tabla de madera de 0^m,05 de espesor, cuatro tablas de 0^m,22, con lo que se forma un cubo que puede contener 9 kilogramos de pólvora. Los petardos se fijan á las puertas por medio de un anillo que se suspende de un tornillo que se introduce en aquéllas; del tornillo se suspende también un saco de tierra que queda sobre la carga y sirve de atraque. Si no se tienen petardos, se puede destruir una puerta por medio de un saco que contenga 15 kilogramos de pólvora y que por medio de un andamiaje se eleve hasta el tercio de la altura de aquélla.

Tres sacos con 15 kilogramos de pólvora y cubiertos por otros llenos de tierra derriban una puerta de poterna. Un saco con 4 kilogramos colocado sobre un cestón vacío y cubierto con sacos terreros, abre una brecha de 0^m,50 de lado en una puerta de 0^m,10 de espesor.

Las barreras ordinarias de las obras de campaña se destruyen por medio de un saco con 15 kilogramos de pólvora colocado al tercio de su altura y cubierto con 5 ó 6 sacos terreros.

Para la demolición de pilotes bajo el agua se emplea la fórmula de Deveze $C = 77 d^2 (1 + L + L^2 + L^3)$; d diámetro del pilote: L distancia de él á la carga; si hay un sólo pilote se hace $L = 0$; no conviene que $L > 2$; el efecto de la explosión se produce sobre todos los pilotes que distan de la carga una cantidad inferior á L .

Para demoler una verja de hierro se aplica contra sus apoyos una carga de 15 kilogramos de pólvora. Si está cerrada se aplica la carga contra la cerradura.

Se emplean una serie de hornillos colocados en la intersección del plano vertical que pasa por la línea media del de fuegos con las perpendiculares levantadas en medio del talud exterior. Los hornillos se recargan ligeramente y deben distar entre sí el triple de la l. m. r. Demolición
de
parapetos.

Una batería se destruye estableciendo un hornillo debajo de cada pieza y calculando la carga por la fórmula $C = g h^3$.

Para destruir un caballete se emplean dos hornillos distantes de 8 á 10 metros y cuyo centro se halla en el plano vertical que pasa por la

cresta interior y á 4 metros de ella. Las cargas se calculan por la fórmula $C = \frac{3}{2} g h^3$.

Destruc-
ción de ca-
mincs.

En los terraplenes se establecen varias filas de hornillos, cuyos embudos sean tangentes y de modo que su acción se extienda hasta los taludes; la carga se calcula por la fórmula $C = 2 g h^3$; la distancia entre los hornillos $2 h$.

Si el camino está á media ladera y sostenido por un muro, se destruye éste, y además se emplean hornillos en la calzada, calculando las cargas como antes.

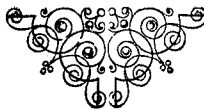
Si el camino está en desmonte y los taludes revestidos, se establecen en la parte superior de estos, hornillos subcargados con arreglo á la fórmula $C = 0,50 h^3$.

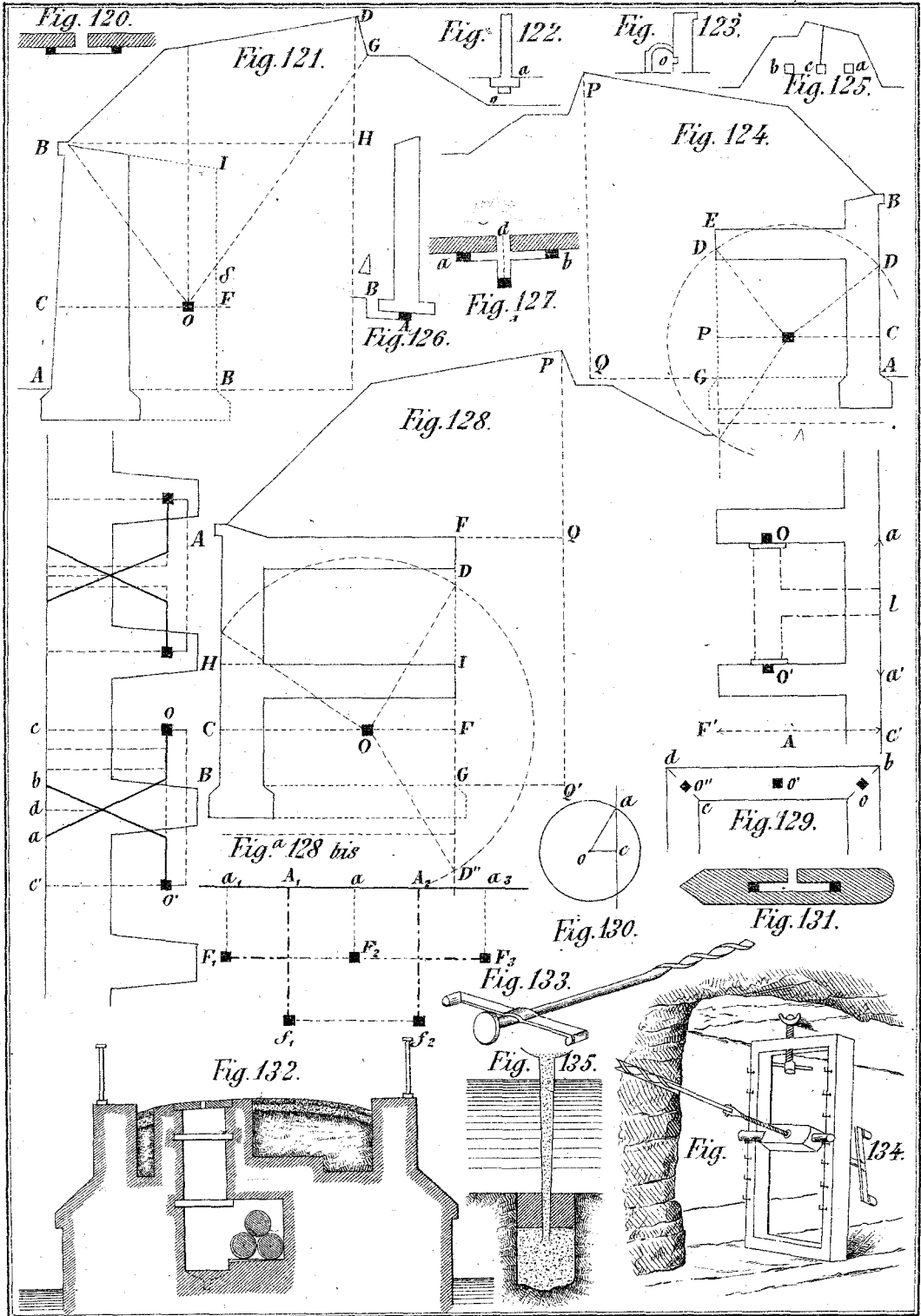
Barrenos.

Estos se emplean en los trabajos militares lo mismo que en los civiles para la demolición de rocas. Suelen tener 0^m,04 á 0^m,07 de diámetro y su profundidad varía entre 0^m,50 y 2 metros. Los barrenos se abren por medio de las barras de mina con las cuales se percute sobre la roca haciéndolas girar al mismo tiempo. La carga debe ocupar el $\frac{1}{4}$ ó el $\frac{1}{3}$ de la profundidad, según la naturaleza de la roca; generalmente se toma el tercio cuando aquella es superior á 0^m,60 y en caso contrario el cuarto. Al atracar el barreno, debe tenerse cuidado de introducir en él la aguja, á fin de que quede en el atraque una canal en la que se introduce la mecha á los conductores, ó bien se llena de polvorín; antes de atracar se quitan los detritus por medio de la cuchara y el atraque se comprime con el atacador, que debe ser de cobre, á fin de que un choque con la roca no pueda producir chispas. Cuando hay varios barrenos próximos conviene darles fuego simultáneamente á fin de que el efecto producido sea mayor. En los trabajos civiles, y á fin de evitar el considerable tiempo empleado en abrir un barreno que ha de contener mucha pólvora, se emplea para abrir la cámara el ácido clorhídrico, aplicando el procedimiento de Mr. Courbebaisse. Este consiste en abrir por medio de la barra un agujero cilíndrico, en el cual se introduce un tubo de cobre de menor diámetro que el barreno; el espacio anular que queda alrededor de las paredes, se rellena con estopas y arcilla humedecida. El tubo se encorva á la salida del barreno y termina en un vaso que recibe el producto resultante de la descomposición de la roca. Otro tubo de

menor diámetro parte del fondo del vaso que contiene el ácido y se introduce en el anterior al entrar en el barreno. Al verter en el segundo vaso el ácido clorídrico este baja por el tubo hasta encontrar el fondo del barreno, descompone la roca, y el ácido carbónico que se desprende arrastra consigo á lo largo del espacio que queda entre ambos tubos un líquido resultante de la descomposición. Cuando la cámara ha adquirido el suficiente volúmen, se carga y se da fuego al barreno por los procedimientos ordinarios. Este procedimiento solo puede aplicarse á las rocas calizas y cuando las cámaras, aunque algo mayores que las de los barrenos ordinarios, no son, sin embargo, muy grandes. En este caso parece conveniente emplear hornillos, cuya carga se calcula por la fórmula $C = 0,50 h^3$ correspondiente á un humazo máximo en las rocas calcáreas. En efecto, la carga de dicho humazo es $0,20 g h^3$, y como en este caso g varía entre 2,50 y 3, resulta para C un valor comprendido entre $0,50 h^3$ y $0,60 h^3$. Lo mejor es emplear la fórmula general $C = 0,20 g h^3$ y dará g los valores correspondientes.

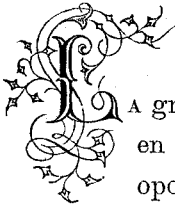
Para acelerar la operación de la apertura de los barrenos, puede emplearse el útil representado en la figura 133 (lám. 10), que consiste en un trépano de acero que se hace girar por medio del travesaño $a' b$. El obrero apoya el pecho sobre la cabeza del instrumento y le hace girar con las dos manos. Otras veces se mantiene el trépano en un bastidor como indica la figura 134 (lám. 10). Cuando el barreno se hace debajo del agua y no se puede introducir en él una salchicha ó se carece de ella, se hace penetrar (fig. 135, lám. 10) en la carga ó se suelda al recipiente que la contiene un tubo cuyo extremo debe quedar fuera de la superficie del agua; este tubo termina en embudo y se llena de pólvora con objeto de comunicar el fuego.





CAPÍTULO SEGUNDO.⁽¹⁾

Empleo de la dinamita.—Barrenos.—Destrucción de hielos.
—Hornillos de mina.—Roturación de tierras.—Tala de
árboles.—Destrucción de pilotes, estacadas, frisas y pa-
lanqueras.—Destrucción de piezas de madera.—Destrucción
de piezas metálicas.—Destrucción de mamposterías.



LA gran fuerza explosiva de la dinamita, el obrar igualmente en todos sentidos, cualquiera que sea la resistencia que se le oponga, y consiguientemente poder suprimir el atraque cuando el tiempo urja, la hacen de gran aplicación en la industria y en la guerra, pues en la primera es un factor muy importante la economía y en la segunda el tiempo. Sin embargo, si bien en algunos casos la dinamita presenta sobre la pólvora ordinaria ventajas considerables, en otros su misma viveza le da inconvenientes que impiden su uso, á no ser que se recurra á las que son muy pobres en nitroglicerina. Además, como los enérgicos efectos de las pólvoras vivas se extienden á menor distancia que los de las lentas, conviene, al emplear la dinamita, poner la mayor cantidad posible en contacto con el objeto que se quiere destruir, por cuya razón las cargas cilíndricas son en este caso preferibles á las cúbicas.

La dinamita empleada en los barrenos tiene muchas ventajas sobre la pólvora ordinaria. En primer lugar, siendo su efecto el mismo en todos sentidos, no importa emplearla, aun cuando las rocas presenten grietas, sin que haya necesidad de taparlas; no es preciso que los barre-

(1) Aunque la mayor parte de las fórmulas y datos de este capítulo se refieren á la dinamita, pueden aplicarse también á las demás pólvoras vivas.

nos estén inclinados con relación á la pared exterior de la roca en que se abran, lo que no sucede empleando la pólvora; pues como la línea de mínima resistencia ha de tener bastante longitud, aquellos no pueden ser siempre perpendiculares á la superficie. Otra ventaja de la dinamita es que puede emplearse aun cuando el terreno tenga alguna humedad, con tal que se dé fuego poco después de concluída la carga.

La carga que debe darse á los barrenos varía con la naturaleza de la roca; cuando ésta es compacta, suele ser $\frac{1}{4}$ de la profundidad, y si lo es poco, solamente de $\frac{1}{6}$ á $\frac{1}{8}$; generalmente se empezará por ensayar el efecto de una carga igual á $\frac{1}{3}$ de la de pólvora empleada en las mismas circunstancias, y luego se aumentará ó disminuirá en los demás barrenos, según el efecto de la primera.

En cuanto á la profundidad debe tenerse en cuenta que la explosión de la dinamita no solo destruye la roca en sentido de la línea de mínima resistencia, si que también en su prolongación, y por lo tanto no hay necesidad de que los barrenos sean tan profundos como en el caso de emplear la pólvora. Por otra parte, se ha visto que, á partir de una cierta profundidad, la longitud según la cual la roca queda quebrantada, decrece.

De todos modos, lo mejor será proceder por medio de ensayos. Además, cuando un barreno cargado con dinamita produce poco efecto, no hay inconveniente en cargarlo de nuevo después de la explosión; la cámara formada por la nueva carga aumentará los efectos producidos por la anterior. Por todas estas consideraciones conviene, en general, hacer los barrenos poco profundos, con lo que se disminuirá el trabajo de los barreneros. El diámetro de los barrenos será generalmente de 0^m,025. En cuanto al atraque, si bien en rigor no es necesario, conviene siempre que exista, ya que no para aumentar el efecto de la explosión, para impedir el desprendimiento de gases. Si el barreno tiene una profundidad comprendida entre 1^m,50 y 2^m,50, se da al atraque una longitud igual á la de la carga y si aquella es menor de 1^m,50, la longitud del atraque debe ser $1\frac{1}{2}$ la de la carga. En cuanto á la clase de dinamitas que se emplean en los barrenos debe tenerse en cuenta, que la de 1.^a sólo se usará excepcionalmente para las rocas muy compactas; la de 2.^a conviene para las de consistencia media y la número 3 para las muy blandas ó en las tierras; el cartucho cebo debe ser siempre de dinamita número 1.

Al cargar los barrenos se empujan suavemente los cartuchos con un atacador de madera y encima se coloca el cartucho cebo, que debe introducirse con mucho cuidado; sobre éste se echa con la mano una capa de arena de 0^m,10 de altura y luego se continúa el atraque, que se introduce con un atacador de madera. La capa de arena tiene por objeto evitar los choques que pudieran producirse entre el cartucho cebo y el atraque introducido con el atacador. Si el barreno no hace explosión, no conviene descargarle; á lo más se quitará el atraque hasta la capa de arena y se colocará sobre ésta un nuevo cartucho cebo, al cual se le dará fuego. Pero aún esto es peligroso y lo mejor es abrir un nuevo barreno, próximo al anterior, y cuya explosión determine la de aquél. En algunos casos puede obtenerse la roturación de las rocas colocando sobre ellas la carga de dinamita, que puede cubrirse con sacos de tierra; pero, para producir efecto, hay que emplear dinamita número 1 en gran cantidad, así es que, si bien este procedimiento economiza tiempo, es caro.

Se empleará, generalmente, para la destrucción de bajos fondos que interceptan la navegación de los ríos, en cuyo caso el agua sirve de atraque. Para extraer de las canteras grandes carretales, se emplean cargas muy débiles y sin atraque, y si es necesario se carga varias veces un mismo barreno. Cuando se quiere que la ruptura tenga lugar según un plano determinado se forma en él una ranura de 0^m,052 de profundidad y en el punto medio de ésta un barreno de 0^m,63 de longitud; una pequeña carga atracada con agua produce el efecto deseado.

En la explotación de las minas de carbón el empleo de la dinamita presenta grandes ventajas sobre el de la pólvora, pues con ésta puede suceder que parte de la carga inflamada se proyecte fuera del barreno, lo cual podría producir la explosión del hidrógeno carbonado. Experiencias hechas en Neunkirchen han demostrado que el algodón-pólvora, las nitrogelatinas y la dinamita goma podían emplearse sin peligro en mezclas gaseosas conteniendo el 10 por 100 de hidrógeno carbonado y polvos de carbón. En otro lugar ya hemos dicho también que las nitrogelatinas eran en este caso preferibles á las dinamitas.

Cuando los barrenos se emplean para la apertura de un túnel, conviene que formen con el suelo de aquél un ángulo de 45° ó 50° y que su

profundidad sea tal que la perpendicular bajada desde el fondo del barrero hasta el paramento de la roca, encuentre á éste por encima del nivel del suelo.

Ruptura
de hielos.

Las pólvoras vivas, que por lo común resisten los efectos de la humedad mejor que la ordinaria, son muy propias para la destrucción de los témpanos de hielo. Un cartucho de 50 gramos de dinamita que detone á 0^m,26 por debajo de la superficie del hielo, produce embudos de 1^m,8 á 5^m,6 de diámetro. Cuando el espesor del hielo es muy grande, se introducen los cartuchos en barrenos de 0^m,08 á 0^m,10 de profundidad. Cuando se quiere separar grandes masas de hielo se abren en él trincheras paralelas á la orilla y cuya sección sea un triángulo rectángulo, siendo vertical el lado más próximo á aquella. En el fondo de la trinchera se colocan 400 á 500 gramos de dinamita por metro longitudinal. Finalmente, puede también romperse el hielo por medio de cargas de dinamita introducidas en cajas de zinc que se colocan sobre aquel. Conviene introducir los cartuchos de dinamita en pez hirviendo, cuando han de colocarse en barrenos abiertos en el hielo. El fuego se transmite por medio de la electricidad ó por salchichas impermeables.

Empleo
de la
dinamita
en los hor-
nillos de
mina.

A consecuencia de la viveza de este agente sus efectos se propagan á menor distancia que los de la pólvora cuando obran en terrenos poco coherentes, y aquellos aumentan á medida que las tierras son más compactas. La explicación de este hecho es fácil, pues la destrucción de las galerías es debida á la propagación de las ondas que se producen en el momento de la explosión, y siendo las de la dinamita mucho más potentes que las de la pólvora, en las tierras de poca cohesión el efecto se gastará en disgregarlas por completo á consecuencia del violento choque que recibirán en el primer momento; por lo cual, no habiendo tiempo para que toda la masa se ponga en movimiento, se producirán fracturas, como sucede cuando un cuerpo animado de gran velocidad atraviesa un cristal, en cuyo caso se forma un agujero cuyos bordes quedan perfectamente marcados; por esto conviene emplear en este caso dinamita número 3. Las experiencias hechas por los austriacos en Krems, Pesth y Olmütz, y los franceses en Versailles, no han dado ningún resultado definitivo. Las partes de galería rotas por la dinamita han quedado totalmente inutilizadas, y las piezas de madera, en particular las

más próximas al hornillo, rotas en pequeños fragmentos; las galerías atacadas por la punta han quedado también completamente destruidas. De las experiencias hechas por los austriacos se deduce: primero, que los efectos de los hornillos cargados con dinamita son independientes de la relación $\frac{r}{h}$ y sólo son función de la naturaleza del terreno; segundo,

los radios de rupturas y dilaniación situados en el plano horizontal que pasa por el centro de la carga crecen con la distancia de la galería á dicho centro, hasta el límite en que dejan de producirse, pero son independientes de la posición de la galería con relación á dicho plano; tercero, la fórmula de las cargas parece ser de la forma $C = m R^3$, siendo R el radio de explosión. Este último resultado está en consonancia con el obtenido por Belidor para las cargas de pólvora; pero es sabido que la fórmula de este ingeniero da cargas débiles. La dificultad está en determinar el valor de m , que depende evidentemente del terreno y también de la disposición dada á las cargas de dinamita. En efecto, según las experiencias hechas en Versailles, resulta que cuando la dinamita se emplea en cartuchos, produce el mismo efecto que una carga de pólvora doble; si en sacos, el efecto es igual al de la misma carga de pólvora, y si se emplea en cajas de zinc, equivale aquél al producido por una carga de pólvora triple. En las experiencias de Krems se dedujo, que una carga C de pólvora producía el mismo efecto que otra $C' = 0,40 C$ de dinamita, pero este resultado no se ha comprobado; antes bien, las experiencias francesas parecen indicar que esta relación depende de la disposición de las cargas de dinamita. A nuestro juicio, para determinar las fórmulas aplicables á los hornillos cargados con dinamita, convendría aplicar la fórmula de Dambrun bajo la forma $C = g K (R - 0,414 h)^3$, en la que g es un coeficiente dependiente del terreno y K otro coeficiente que depende de la disposición de la carga.

Colocando varias cargas conocidas á profundidades también determinadas, las relaciones $\frac{C}{(R - 0,414 h)^3}$ nos determinarían los valores del coeficiente $K g$ en diferentes casos, y se podría formar una tabla análoga á la que da los valores de g en el caso de la pólvora ordinaria. Ínterin no se conozcan con exactitud los efectos de la dinamita empleada

en los hornillos, es preferible emplear la pólvora; la tabla 1.^a da el valor del coeficiente Kg para algunos medios, suponiendo la dinamita empleada en cargas cúbicas.

Una de las aplicaciones de la dinamita consiste en producir cámaras hechas al extremo de los barrenos, con objeto de introducir en ellas fuertes cargas. Este procedimiento puede tener aplicación ventajosa en la guerra de minas, pues tanto el sitiador como el sitiado pueden formar hornillos de pequeña capacidad al extremo de un barreno, lo que es mucho más breve que abrir ramales. Para que estos efectos se produzcan es necesario que el terreno sea suficientemente compresible y además coherente para que no se desmoronen las paredes de la cámara formada. Según las experiencias hechas en Montpellier en 1873, una carga de 2 kilogramos establecida al extremo de un barreno de 4 á 5 metros de profundidad, abierto en una arcilla calcárea, produjo una cámara de 500 á 600 litros de capacidad, y empleando 10 kilogramos se obtuvo otra de 2^m,50 de anchura y 2 metros de altura. El barreno avanza próximamente 3 metros por hora y la cámara puede cargarse en quince minutos. El algodón-pólvora produce los mismos efectos, pero hay que emplear mayores cantidades; 2 kilogramos dan, próximamente, una cámara de 450 litros. También se experimentó si con objeto de introducir con mayor facilidad el cartucho que debía formar la cámara se podía ensanchar el barreno, y el resultado fué el siguiente: un barreno de 0^m,10 de diámetro se convierte en un ramal de 0^m,80 de diámetro, empleando una salchicha de dinamita número 2 que contenga 2 kilogramos por metro corriente. Puede obtenerse al mismo tiempo el ensanche del barreno y la formación de la cámara, para lo cual basta colocar al extremo de la salchicha el cartucho destinado á formar aquella.

Finalmente, para evitar la formación de la cámara se puede recurrir á aumentar el diámetro del barreno, á fin de poder introducir en él la carga. En un barreno de 0^m,10 de diámetro y de 6^m,40 de longitud, una salchicha cargada con 1 kilogramo por metro corriente, formó un ramal de 0^m,35 á 0^m,40 de diámetro y alargó el barreno en 0^m,40.

A fin de evitar que á consecuencia de los escombros la salchicha se aplaste y la explosión no se transmita, conviene reemplazarla por tubos metálicos, que son más fáciles de introducir en los barrenos.

La dinamita empleada en estas experiencias contenía 52 por 100 de nitroglicerina, y por lo tanto es de creer que empleando la número 2 se obtendrían los mismos efectos.

Cuando las tierras se hallan endurecidas por la helada, hasta el punto de que los golpes de zapapico produzcan chispas, puede roturarse la capa helada por medio de barrenos de 0^m,40 de profundidad, cargados con 100 gramos de dinamita. Durante el sitio de Paris se empleó con buen éxito este procedimiento. Roturación
de
tierras.

Para lograr este objeto, sin recurrir á barrenos, basta colocar sobre una de las caras de la piedra una carga que se atraca con arcilla; á fin de obtener aún mejores resultados, puede hacerse, si hay tiempo, una ranura longitudinal y colocar en ella la carga y aún mejor un barreno de 0^m,10 á 0^m,20 de profundidad; según las experiencias hechas recientemente en Italia, las cargas pueden calcularse por la fórmula $C = g E$, en la que E representa el espesor de la piedra ó sea la dimensión perpendicular á la cara en que se sitúa la carga; g varía entre 0,30 y 0,50 según sea la piedra más ó menos dura; empleando gelatina, g debe variar entre 0,25 y 0,45, y si se introduce en barrenos de la profundidad indicada, entre 0,15 y 0,30. Ruptura
de piedras.

La tala de árboles, por medio de la dinamita, sólo presenta ventajas sobre el procedimiento ordinario, cuando hay pocos brazos ó pocos útiles y los troncos son de gran diámetro; en el caso general es preferible derribarlos por medio del hacha. Tala
de árboles.

Empleando la dinamita pueden seguirse dos procedimientos. El primero consiste en valerse de barrenos; cuando el árbol tiene un diámetro inferior á 0^m,60 se emplea uno sólo de 0^m,04 de diámetro que llegue hasta el centro del árbol y se carga hasta la mitad de su longitud. Si el diámetro es superior á 0^m,60, se emplean dos barrenos perpendiculares y cuyos fondos se toquen, y se cargan como en el caso anterior. La aplicación de este procedimiento tiene el inconveniente de desgarrar en 1 metro ó 1^m,50 de longitud la madera de los árboles.

El segundo método consiste en rodear el árbol con una salchicha de dinamita, cuya carga se calcula por medio de la fórmula $C = 60 d^3$; siendo d el diámetro expresado en metros. Si sobre la salchicha se coloca atraque basta la carga $C = 40 d^3$.

En las experiencias que, empleando la fórmula $C = 60 d^3$, hemos llevado á cabo, las cargas han resultado un tanto excesivas, por lo cual creemos que pueden reducirse los resultados de esta fórmula en $\frac{1}{3}$ en la mayor parte de los casos, ó bien emplear la fórmula $C = 0,0014 d^2$, en la cual, d representa el diámetro expresado en centímetros.

Sólo en el caso de ser los árboles de madera muy dura será necesario aplicar la carga dada por la primera de las fórmulas indicadas.

Cuando la dinamita que se emplea para derribar los árboles se introduce en barrenos, no hay necesidad de atraque. El segundo procedimiento exige mayor cantidad de dinamita, pero menor tiempo; conviene hacer al rededor del árbol y en la sección por donde quiera romperse una ranura de sección triangular para introducir la salchicha.

También puede aplicarse la dinamita en el descuaje de los troncos de árbol que haya en los puntos en que vaya á construirse alguna obra de fortificación. Si la madera es sana y la raíz central es fuerte, se emplean barrenos según el eje longitudinal y de 0^m,026 de diámetro para troncos cuyo grueso sea inferior á 0^m,80, y de 0^m,32 á 0^m,39 en caso contrario. Si la madera está ya podrida ó la raíz no es vertical, se hace el barreno hacia uno de los lados y con alguna inclinación. La carga varía según la clase de madera y su espesor; para los troncos de 0^m,50 á 0^m,80 suele ser de 50 á 100 gramos.

Destrucción de pilotes, estacas, frisas, palanqueras, puertas, etc., etc.

Para demoler pilotes aislados pueden seguirse tres procedimientos distintos: 1.º empleando cargas que se introducen en barrenos; 2.º con cargas adosadas al pilote; 3.º por cargas situadas á distancia. En el primer caso se emplean barrenos de 0^m,26 de profundidad y 0^m,39 de diámetro, que se cargan con 210 gramos de dinamita; no hay necesidad de atraque. La dinamita debe estar en cartuchos metálicos, sobre todo si la cabeza del pilote se halla sumergida, en cuyo caso el agua sirve de atraque. En el segundo caso se emplean cargas de 1400 gramos de dinamita contenidas en envolturas impermeables; conviene que, por lo menos, los $\frac{2}{3}$ de la longitud del cartucho queden debajo del agua. Si el pilote está enteramente sumergido, puede emplearse para su destrucción el medio representado en la figura 136 (lám. 11); ab es un aro de madera que lleva el cartucho c y va sostenido por dos listones que sirven de guía á los conductores del cebo. Poniendo el aro de modo que el cartu-

cho quede agua-arriba, la corriente le adosa contra el pilote. Este procedimiento es más sencillo que el anterior, pero exige mayor cantidad de dinamita. El tercer método consiste en colocar cargas de 4500 á 5600 gramos á distancias del pilote, que no conviene sean superiores á 0^m,50; se emplea generalmente para demoler cepas de pilotes y las cargas contenidas en cajas metálicas se suspenden de las piezas que las unen procurando que queden sumergidas (fig. 137, lám. 11). Este procedimiento, no tan seguro como los anteriores, exige mucha mayor cantidad de dinamita. Si se quiere arrancar los pilotes por completo conviene abrir varios barrenos, que se prolongan hasta el terreno sobre que aquellos descansan, se les carga con 500 gramos de dinamita y se les da fuego simultáneamente.

Para la demolición de los pilotes puede aplicarse también la fórmula $C = \frac{1}{3} 67,5 D^2 (1 + l^2 + l^3)$ en la que D representa el diámetro del pilote y l la distancia á que se halla la carga. Esta fórmula es la tercera parte de la que da Devese para la destrucción de pilotes de pino con pólvora. Aplicada á la dinamita sólo produce buenos resultados cuando las cargas están adosadas.

La dinamita puede aplicarse á la hincas de pilotes. Para ello se introduce antes el pilote en el terreno, hasta que se mantenga vertical y luego se le aplica el explosivo. Según las experiencias verificadas en Buda-Pesth, basta colocar sobre el pilote, y de modo que quede bien horizontal, una plancha de hierro de 9 centímetros de espesor y 38 centímetros de diámetro: sobre esta plancha se coloca una carga de 536 gramos de dinamita, que se cubre con tierra que sirve de atraque; la explosión produce el mismo efecto que cinco golpes de un martinete de 750 kilogramos cayendo desde 3 metros de altura, ó sea, 11.250 kilogramos. La plancha puede resistir 25 explosiones.

Para destruir una estacada formada con estacas de 0^m,36 á 0^m,37 de diámetro basta colocar al pie una carga de dinamita, calculada á razón de 2^k,650 por metro longitudinal. Las palanqueras, compuestas de dos filas de estacas de 0^m,36 á 0^m,37 de diámetro la primera y de 0^m,22 á 0^m,23 la segunda, exigen para su destrucción una carga de 5^k,340 por metro longitudinal. Las frisas se destruyen como las estacadas.

Una carga de 2 á 3 kilogramos de dinamita aplicada contra una puerta, cerca de la cerradura, basta para abrirla.

Para la destrucción de talas se colocan, de 2 en 2 metros, petardos con 4 kilogramos de dinamita.

Las alambradas pueden destruirse por medio de salchichas de dinamita que contengan 2,5 kilogramos por metro corriente y cuya longitud sea igual á la de la brecha que se trate de abrir. También pueden emplearse petardos que contengan 2 kilogramos de dinamita. Las cargas deben ponerse en contacto con los alambres.

Los pozos de lobo se destruyen introduciendo en su fondo petardos que contengan por lo menos 2 kilogramos de dinamita.

Colocando un petardo de 2 kilogramos en el centro de una red formada por piquetes pequeños, han quedado destruidos todos los comprendidos dentro de una elipse de 3^m,5 de eje mayor y 2 de eje menor: este último se halla situado en prolongación de la carga.

En general, para la destrucción de las defensas accesorias que ocupen una profundidad inferior á 8 metros, se pueden calcular las cargas á razón de 2 kilogramos por metro corriente.

Si se quieren destruir buques sumergidos puede emplearse la fórmula

$$\begin{array}{l}
 C = g e^2 \sqrt{b} \text{ para cascos de madera.} \\
 C = g e^2 b \text{ para cascos de hierro.}
 \end{array}
 \left. \begin{array}{l}
 b \text{ altura del costado del} \\
 \text{buque; } e \text{ espesor del} \\
 \text{casco; ambas dimen-} \\
 \text{siones en centímetros.}
 \end{array} \right\}$$

$$g = \begin{cases}
 0,00015 & \text{para maderas blandas.} \\
 0,00030 & \text{para maderas duras.} \\
 0,006 & \text{para planchas de hierro sin roblonar.} \\
 0,003 & \text{para planchas de hierro roblonadas.}
 \end{cases}$$

Ruptura
de piezas de
madera.

Las experiencias más exactas y minuciosas que acerca de este particular se han hecho, han sido llevadas á cabo por el Cuerpo de Ingenieros austriaco. El capitán Lauer admite que la cantidad de dinamita necesaria para romper una viga de sección rectangular es proporcional á su momento de ruptura, y por lo tanto, puede expresarse por la fórmula $C = KM$, en la que $M = R \frac{a b^2}{6}$. Para vigas de 0^m,316 de anchu-

ra colocadas sobre apoyos distantes 1^m,26, el capitán Lauer ha hallado $K = 0,00077$ y la fórmula se convierte en

$$C = 0,00077 R \frac{a b^3}{6} = 0,00115 a b^2.$$

Esta fórmula da las cargas en libras austriacas (0^k,3560) y las cantidades a y b están expresadas en piés (0^m,316) y pulgadas (0^m,026) austriacas, lo que unido á su poca generalidad le hace poco á propósito para las aplicaciones.

Experiencias hechas en 1872 en Steinfeld y en 1873 y 1874 en Simmaringen, por el Comité militar austriaco, dieron para la ruptura de piezas de madera la fórmula

$$(a) \quad C = 7 h \left(1 + \frac{h}{b} \right)$$

en la que h representa el espesor y b la anchura de la pieza de madera, ambas en metros; C es la carga en kilogramos por metro de anchura.

Esta fórmula sirve para las piezas de madera de pino ó abeto de sección rectangular ó circular. Si la madera es de gran resistencia (haya, encina) hay que duplicar el valor de C hallado por la fórmula (a). El valor de la relación $\frac{h}{b}$ ha de ser igual ó menor que la unidad; si $\frac{h}{b} > 1$ se hace igual á la unidad en la fórmula (a). Esto equivale á decir que debe tomarse siempre por anchura el valor del lado mayor de la sección transversal y aplicar sobre él la carga, á la que se dará una longitud igual á la de dicho lado. En las vigas colocadas de canto la carga deberá aplicarse, por consiguiente, sobre el lado vertical; en las cilíndricas se da á la carga una longitud igual al diámetro y se coloca sobre una generatriz.

Supongamos que se trata de determinar la carga necesaria para romper una viga de pino de 0^m,25 de altura por 0^m,50 de anchura. La fórmula (a) da

$$C = 7 \times 0,25 \left(1 + \frac{25}{50} \right) = 7 \times 0,25 \times \frac{3}{2} = 2^k,625$$

por metro de anchura, pero como la viga solo tiene 0,50, la carga necesaria será de 1^k,312.

En el caso de vigas cilíndricas y cuadradas ó cuando $b < h$, la fórmula (α) puede ponerse bajo la forma $C = 14 h$.

La fórmula que después ha adoptado el Comité austriaco para la ruptura de piezas de madera es la (6)

$$(6) \quad C = 0,0015 (b + d) d$$

en la que b y d representan en centímetros la anchura y el espesor de la pieza, debiendo tener en cuenta que b representa el lado sobre que está colocada la carga.

Cuando las vigas de madera se hallan colocadas de canto, se hará $b = d$ en la fórmula anterior, lo que equivale á decir que no puede suponerse $b < d$; en este caso, la carga se aplicará contra el lado vertical. La fórmula (6) se convertirá, por lo tanto, en la (γ), cuando haya de aplicarse á piezas de sección cuadrada ó colocadas de canto.

$$(\gamma) \quad C = 0,0030 d^2.$$

Esta fórmula sirve también para el caso de piezas de sección circular de diámetro igual á d ; la carga se coloca, en este caso, paralelamente al eje.

Si la madera es de poca resistencia se tomará una carga igual á la mitad de la dada por la fórmula anterior.

En Bélgica se hallaron, después de varias experiencias, las siguientes fórmulas aplicables á la ruptura de piezas rectangulares.

$$C = 100 a b^2 \text{ sin atraque.}$$

$$C = 75 a b^2 \text{ con atraque.}$$

Si las maderas son de poca resistencia se tomará la mitad de la carga; a y b son la anchura y el espesor en metros. La carga se aplica sobre el lado mayor; si la pieza que ha de destruirse es de sección cuadrada ó circular de diámetro d , las fórmulas son:

$$C = 100 d^3 \quad C = 75 d^3 (1).$$

Según un importante trabajo publicado en la *Revue de l'Armée Belge*,

(1) Puede también emplearse la fórmula $C = 0,0003 b^2 \sqrt{a}$; a y b anchura y espesor en centímetros. Esta fórmula da valores algo menores que las otras.

por Mr. Tournay, capitán de Ingenieros, las fórmulas aplicables á la destrucción de piezas de madera, son:

$$\begin{array}{l} \text{Cuando no se emplee atraque.} \\ \text{Empleando atraque.} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} C = 60 a b^2 \text{ para maderas duras.} \\ C = 40 a b^2 \text{ para maderas blandas.} \\ C = 60 d^3 \text{ ó } 40 d^3 \text{ si son de sección circular.} \\ C = 30 a b^2 \text{ si las extremidades de la carga se dejan sin atracar.} \\ C = 20 a b^2 \text{ si el atraque rodea por completo la carga.} \end{array} \right.$$

Si las cargas se introducen en barrenos atracados $C = 5 a b^2$ ó $5 d^3$, en este caso b es la dimensión de la sección transversal perpendicular á la dirección del barreno.

Puede considerarse como un buen atraque una capa de arcilla cuyo espesor sea igual á $\frac{3}{2} b$.

Estas fórmulas dan valores inferiores á las antes indicadas, y se aproximan más á los resultados obtenidos por medio de las austriacas.

El capitán Tournay da también fórmulas para la destrucción de piezas sumergidas, y para el caso de que las cargas no se hallen en contacto inmediato con la pieza que se quiera destruir.

Para lo primero, emplea las siguientes fórmulas:

$$\begin{array}{ll} C = 50 a b^2 & \text{si la pieza se halla á } 0^m,25 \text{ de profundidad.} \\ C = 40 a b^2 & \text{» » á } 0^m,50 \text{ de »} \\ C = 30 a b^2 & \text{» » á } 0^m,75 \text{ de »} \\ C = 20 a b^2 & \text{» » á } 1^m \text{ ó más.} \end{array}$$

En todos estos casos se supone la carga en contacto con la pieza.

En el caso en que no lo esté, la fórmula es

$$C = M a (b + b' K)^2;$$

a y b dimensiones de la sección transversal; b' espesor del medio interpuesto entre la carga y la pieza; K coeficiente que corresponde á este medio:

- Para el aire. $K = 0,60$.
- Para la tierra. $K = 0,50$.
- Para el agua. $K = 2$

M tiene el valor indicado en las fórmulas anteriores, es decir, 60, 40, 30, etc., según haya ó no atraque, ó la pieza se halle sumergida á mayor ó menor profundidad.

Estas fórmulas son muy útiles, y aunque no conozcamos las experiencias que las han producido, lo concienzudo del trabajo de que forman parte nos parece motivo suficiente para darlas á conocer.

En las fórmulas austriacas se supone que la dinamita obra sin atraque, y además en todas las fórmulas ya indicadas y las que sucesivamente vayamos dando á conocer, se supone que la dinamita empleada es de primera clase, pues de lo contrario habrá que aumentar las cargas proporcionalmente á la menor cantidad de nitroglicerina contenida en la dinamita usada.

Hay algunos medios prácticos para facilitar el uso de la fórmula (6). Uno de ellos es la regla de Pap, que se gradúa como sigue: en la fórmula (6) se hace $b + d = 10$ centímetros, con lo que se reduce á $C = 0,015 d$, se le dan á d valores crecientes y se calculan los correspondientes de C . En una regla dividida en milímetros (fig. 138, lám. 11) se escriben las cargas correspondientes á los valores de d y el número contenido en la regla se multiplica por el de $b + d$. Sea, por ejemplo, una pieza en que $b = 30$ y $d = 20$; $b + d = 50$; para $b + d = 10$ y $d = 20$ la regla da 0,3 kilogramos, luego la carga buscada será $C = 0,3 \text{ kilogramos} \times 5 = 1,5 \text{ kilogramos}$.

Otro medio práctico lo constituye la regla logarítmica de Wessel. La fórmula (6) puede ponerse bajo la forma

$$C = 0,0015 \frac{b + d}{100} \times 100 d = 0,15 d \frac{b + d}{100}$$

La cantidad $0,15 d$ es la carga necesaria para romper una pieza en que $b + d = 100$. Dando á d una série de valores se obtienen para $0,15 d$ una série de números cuyos logaritmos se hallan escritos en la columna de la regla (fig. 139, lám. 11) que dice log. La lengüeta lleva los valores de $b + d$. Sea, por ejemplo, una pieza de madera en que $d = 0^m,20$ y $b = 0^m,30$. La carga correspondiente á $d = 20$ y $b + d = 100$ es 3,00 kilogramos, luego se corre la lengüeta hasta que su cero esté sobre la cantidad anterior y se busca en la línea c el número correspondiente á

$50 = b + d$; dividiendo este número por 100 queda resuelto el problema.

Las cargas pueden también calcularse por medio de la tabla número 10. La tabla número 11 se usa como la de Pitágoras.

Para aplicar la (10) se busca en la primera columna vertical $b + d$, y en la horizontal que corresponda al número que indique dicha cantidad, se buscan las cargas correspondientes á las unidades, decenas, centenas, etc., del espesor; multiplicando por 1 la de las unidades, por 10 la de las decenas, por 100 la de las centenas y sumando estos productos se obtiene la carga buscada. Sea una pieza de madera de 0^m,31 de espesor y 0^m,124 de anchura, $b + d = 155$.

$$C = 0,233 + 0,698 \times 10 = 7^k,213.$$

Si los valores d , b y $b + d$ no están comprendidos en las tablas, se toman los inmediatamente mayores.

También pueden destruirse las piezas de madera abriendo en ellas barrenos de 0^m,04 de diámetro; estos barrenos se hacen llegar hasta los dos tercios de espesor, y si este es superior á 0^m,50, ó la pieza es circular y de un diámetro mayor que dicha cantidad, se llenan de dinamita hasta $\frac{1}{2}$; si las piezas son de menos espesor sólo se llena $\frac{1}{3}$ de la longitud del barreno.

Cualquiera que sea la fórmula empleada conviene colocar la carga sobre el lado mayor de la pieza y contenida en una salechicha de longitud igual á dicho lado.

La principal aplicación que en campaña tendrá que hacerse de las fórmulas citadas será para la demolición de puentes. En este caso puede destruirse ó las pilas ó el tablero. La destrucción de las pilas tiene la ventaja de que con demoler una sola quedan destruidos los tramos que sobre ella se apoyan, y por tanto la reparación del puente es luego más difícil, se gasta menor cantidad de dinamita y si la destrucción de la pila es á flor de agua, ó debajo del nivel de aquella, todavía se aumentan las dificultades de la reparación. En cambio la demolición del tablero facilita considerablemente las reparaciones, lo cual en algunos casos es una inmensa ventaja. Experiencias hechas en Austria han demostrado que la brecha de un puente debía tener por lo menos 20 metros de

luz para que su reparación presentara ya dificultades á los ejércitos en campaña. De aquí se deduce que si los tramos tienen 20 ó más metros de luz bastará recurrir á la demolición de un tramo, pero en caso contrario habrá que demoler dos ó más, y por tanto será mucho más ventajoso destruir una pila. Conviene que los tramos demolidos se hallen en el centro del rio ó sobre su thalweg, á fin de dificultar las reparaciones.

Recientemente se han llevado á cabo en Austria experiencias con cartuchos que en vez de ser cilíndricos tenían la forma de paralelepípedo. En este caso se ha visto que para la ruptura de piezas de madera, no muy resistente, podía emplearse la fórmula $C = 0,0001 b d^2$ empleando cartuchos en forma de paralelepípedo de base cuadrada cuyo lado sea próximamente igual á la mitad de la altura y ésta igual á su vez á la anchura de la pieza que se trate de romper. Es indudable que los cartuchos de esta última forma han de ser más ventajosos que los cilíndricos, pues tienen una superficie plana, en vez de una generatriz, en contacto con la pieza que se trata de destruir. Pero como por lo común las fábricas dan los cartuchos en forma de cilindros, no será fácil aplicarlos de otro modo. Sin embargo, cuando se empleen las cargas en salchichas de tela, conviene apretar éstas contra la pieza que se va á romper, á fin de que se aplaste algún tanto y el contacto aumente.

Destrucción
de cepas.

Pueden emplearse los procedimientos indicados para la demolición de pilotes. Una cepa compuesta de dos filas de pilotes que disten menos de 1 metro se demolerá como indica la figura 140 (lám. 11), en la que a representa las cargas de dinamita; si la distancia entre las filas de pilotes fuera mayor, habría que destruir cada fila por separado. Conviene que los tubos que contengan las cargas, cuando éstas se apliquen libremente sobre el pilote ó á distancia de él, terminen á 0^m,30 por debajo del nivel del agua, á fin de que los pilotes queden rotos por debajo de dicho nivel. Si las cepas estuvieran formadas de una ó más filas de pilotes encepados por una cumbrera sobre la cual se apoyaran los piés derechos que sirven para sostener los largueros del puente, se demolerían los pilotes inferiores. Conviene que las explosiones sean simultáneas y emplear la menor cantidad de cartuchos-cebos, á fin de que haya menos facilidad de que fallen.

Bajo este punto de vista el empleo de las cargas libres, bien sea adosadas, bien á distancia de 0^m,50 de los pilotes, es preferible al de las cargas en barrenos. En efecto, en el primer caso hay facilidad de reunir por medio de un tubo las diferentes cargas de modo que baste un cebo, mientras en el segundo es preciso emplear un cebo por cada barreno.

Véase la tabla número 8.

Según experiencias hechas en Montpellier, colocando en los puntos de unión del montante con la cumbrera una carga de dinamita calculada á razón de 19,50 gramos por centímetro cuadrado de sección, queda destruído aquél.

Demolición del tablero.

Demolición de un puente de caballetes.

Otra experiencia hecha en Versalles ha demostrado que, colocando debajo de un tramo de puente de caballetes y á 2 metros debajo del nivel del agua una carga de 10 kilogramos de dinamita, aquél quedaba destruído. Sin embargo, nos parece que lo más seguro es romper las cumbreras y montantes de los caballetes, por medio de las fórmulas que hemos dado á conocer.

La ruptura de los grandes macizos de hierro ó fundición, que á veces son inmanejables, puede lograrse por medio de la dinamita, para lo cual basta abrir en el sentido de su mayor espesor barrenos cuya longitud sea igual á los $\frac{4}{5}$ de dicha dimensión y su diámetro de 0^m,020 á 0^m,026. La carga se calcula á razón de 0,33 gramos á 0,40 gramos por kilogramo para las piezas de fundición y 0,50 gramos á 1 gramo por kilogramo para las de hierro forjado. A fin de evitar que los cascotes resultantes de la explosión puedan producir daño, se colocará el trozo que quiere dividirse en el fondo de un hoyo ó zanja abierta al efecto; para mayor seguridad puede cubrirse la masa metálica con paja ó lana.

Destrucción de masas metálicas.

Los cables de alambre de hierro de 0^m,05 de diámetro se rompen por medio de cargas de 2 kilogramos de dinamita, aplicada en diferentes puntos, pero para que esto se verifique, es preciso que el cable esté bien tendido, como sucede con los que suspenden los puentes.

Para romper cadenas de hierro basta aplicar sobre diferentes eslabones de 0^m,04 de espesor, cargas de 0,800 kilogramos que los rodeen por completo; sin embargo, una carga de 240 gramos colocada sobre un eslabón rompe uno de sus brazos. Según la cantidad de dinamita de que se disponga puede emplearse uno ú otro procedimiento.

Un cable telegráfico puede romperse con cargas de 200 gramos de dinamita en contacto con aquél.

Experiencias hechas en Bélgica, con objeto de determinar fórmulas para la ruptura de barras de hierro, han conducido á las siguientes:

$$C = 3000 b d^2 \text{ para hierros del comercio,}$$

$$C = 6000 b d^2 \text{ para hierros especiales;}$$

b representa la anchura y d el espesor de las piezas en metros.

Las vigas de T sencillas pueden romperse con una carga de 30 gramos por centímetro cuadrado de sección, y para las de I hay que elevar la carga á 50 gramos.

El capitán de Ingenieros belga, Mr. Tournay, en el trabajo de que hemos hablado, da también fórmulas para la ruptura de piezas de hierro.

Para las de sección rectangular y circular admite las que acabamos de dar á conocer; para piezas de sección cualquiera

$$C = 6000 (a b^2 + a' b'^2 + a'' b''^2 + \dots)$$

en cuya fórmula las cantidades a , a' , a'' , etc., se toman siempre paralelas á la carga, y las b , b' , b'' , normales.

Para la ruptura de tubos y vigas tubulares da la fórmula

$$C = 6000 p b^2$$

en la que p es el perímetro exterior y b el espesor; la carga se aplica rodeando el tubo: esta fórmula se deduce de las anteriores haciendo $a = p$.

Para el caso de que el espesor b sea superior á un decímetro, propone que en las fórmulas se aumente al valor de b , el de la mitad del lado, ó el del radio, de la caja ó salchicha que contenga la carga.

En el caso en que, teniendo las piezas menos de 1 decímetro de espesor, se emplee atraque de arcilla apisonada, puede usarse la fórmula

$$C = 1000 (6 - 10 e) a b^2$$

e puede variar desde 0 á 0,40 metros.

Si las cargas no están en contacto con la pieza, propone como resultado de experiencias que no reputa definitivas, la fórmula

$$C = M a (b + b' K^2)$$

M tiene el valor ya indicado (6000) y respecto á K los valores son:

$K = 0,60$	para el caso en que la materia intermedia sea el aire
$K = 0,50$	» » » tierra
$K = 0,40$	» » » madera

b' es el espesor de la capa intermedia.

Esta fórmula puede aplicarse á la ruptura de blindajes.

Si hubiese sobre las piezas metálicas de éstos varias capas de diferentes materias, la fórmula general sería

$$C = M a (b + b' K' + b'' K'' \dots)$$

en la que M y K tienen los valores ya indicados; b', b'' , etc., son los espesores de las distintas capas; b , espesor de la capa metálica, y a , la longitud de blindaje cubierta por la carga.

En Austria el capitán Lauer halló para la ruptura de las piezas de hierro una fórmula análoga á la empleada para las de madera. Esta fórmula es

$$(\pi) \quad C = 0,10415 a b^2$$

y sirve sólo para piezas rectangulares de anchura a y espesor b apoyadas sobre puntos que disten entre sí $0^m,624$. Las cantidades a y b vienen dadas en piés austriacos y la carga en libras.

Esta fórmula tiene los inconvenientes citados al ocuparnos en la análoga hallada para las maderas, por cuya razón creemos preferible la siguiente:

$$C = 0,0886 h (1 + 0,570 h + 0,027 h^2)$$

en la que h representa el espesor de la plancha en centímetros. Acerca de esta fórmula hay que hacer las advertencias siguientes:

1.^a Sólo sirve para planchas de menos de 16 centímetros de anchura y 10 de espesor.

2.^a Para planchas de menos de $0^m,05$ de espesor puede usarse la fórmula

$$(\pi') \quad C = 0,1 h^2.$$

3.^a Si la plancha tiene más de 0^m,16 de anchura debe aumentarse la carga proporcionalmente al aumento de dicha anchura.

4.^a Si las planchas en vez de ser macizas se componen de otras roblonadas entre sí, debe tomarse la mitad de la carga dada por las fórmulas (π) y (π').

5.^a La longitud de la carga debe ser igual á la anchura de la plancha y aquella debe colocarse siempre sobre el lado mayor de la sección transversal.

Más sencilla aún que la anterior es la fórmula (ω), adoptada actualmente por el Comité militar austriaco.

$$(\omega) \quad C = 0,0063 \, b \, d^2$$

en que b y d representan en centímetros la anchura y el espesor de las piezas de hierro.

Para el uso de la fórmula (ω) deben tenerse presentes las siguientes circunstancias:

1.^a Si $b > 0^m,16$ se emplea la fórmula sin modificar.

2.^a Si $b < 0^m,16$ se toma $b = 0^m,16$.

3.^a Si la plancha está formada por otras varias roblonadas entre sí (siempre que las filas de roblones disten más de 0^m,16) se aplica la mitad de la carga hallada.

4.^a La fórmula (ω) sirve también para las placas de fundición tomando la mitad de los valores hallados; para las planchas de acero hay que duplicarlas.

Para la destrucción de barras de hierro sirve la fórmula $C = 0,1 \, d^2$, en la que d representa el diámetro de la barra, si es redonda, y el del cilindro circunscrito, si es prismática y su longitud mayor que el cuádruplo del lado menor. Si la barra es de fundición, se toma la mitad del valor hallado por la fórmula anterior. Si la barra es rectangular ó cuadrada se hallará el diámetro de la sección circular equivalente.

Pueden aplicarse para determinar las cargas dadas por esta fórmula los mismos procedimientos prácticos indicados al tratar de la destrucción de piezas de madera.

Para construir la escala del capitán Pap se hace en la fórmula (ω) $b = 10$, con lo cual se reduce á $C = 0,063 \, d^2$; dando á d una serie de

valores crecientes, se obtienen para C una serie de cargas para romper planchas de 10 centímetros de espesor; estas cargas se escriben en la regla (fig. 138, lám. 11), enfrente de los valores de d , y multiplicándolos por los de b se tiene resuelto el problema. Sea, por ejemplo, una plancha de 0^m,05 de espesor y 0^m,30 de anchura, sin roblonar; la regla da $C=1,6$ kilogramos para 0^m,10; luego la carga verdadera será $1,6 \times 3=4,8$ kilogramos.

En la regla logarítmica (fig. 139, lám. 11), columnas 1.^a y 2.^a, están escritos los valores de $0,63 d^2$ y sus logaritmos; la fórmula (ω) puede ponerse bajo la forma $0,63 d^2 \times \frac{b}{100}$, y en la corredera están los valores

de b . Sea una plancha de 0^m,02 de espesor y 52 de anchura; se correrá la lengüeta de la regla hasta que la división 100 se halle debajo del espesor dado 0^m,02 en la columna d centímetros y se buscará en la columna C kilogramos, la carga correspondiente á la anchura dada 52 centímetros, con lo que se obtendrá el número buscado 1,31 kilogramos.

Si el espesor fuera muy pequeño, al colocar la división 100 de la lengüeta debajo del espesor dado, casi toda la corredera quedaría fuera de la regla; entonces, lo que se hace es correr la lengüeta hasta que su cero se halle debajo del espesor dado y buscar en la columna C kilogramos la carga que corresponda á la anchura de la pieza; esta carga dividida por 100 es la buscada.

También puede emplearse la tabla número 9, cuya primera columna vertical contiene los espesores y la horizontal las anchuras de 0^m,01 á 0^m,09. Se busca en la primera columna vertical el espesor dado y en la horizontal, que se halle á la altura del número que indica dicho espesor, se encuentran las cargas correspondientes á las unidades, decenas, centenas, etc., del que indica la anchura; multiplicando las primeras por 1, las segundas por 10, las terceras por 100, y sumando, se obtiene la carga buscada.

Sea una plancha de hierro sin roblonar de 0^m,04 de espesor y 3^m,52 de anchura; el valor de la carga será

$$C=0,202 + 0,505 \times 10 + 0,303 \times 100 = 0,202 + 5,05 + 30,3 = 5^k,552 \quad (1).$$

(1) La tabla 12 se usa como la de Pitágoras.

Para aclarar lo dicho, vamos á poner varios ejemplos de rupturas de piezas de hierro.

Fig. 141 (lámina 12). $\left\{ \begin{array}{l} \text{Pieza formada} \\ \text{por un número} \\ \text{par de flejes de} \\ \text{hierro.} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{Anchura de cada} \\ \text{uno de los flejes} \\ b = 16 \text{ cm.}; \text{ es-} \\ \text{pesor de cada} \\ \text{fleje } d = 25 \text{ cm.} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{Para cada par de flejes se} \\ \text{coloca, como indica la} \\ \text{figura 141 (lám. 12),} \\ \text{una carga } C = 0,63; \\ \text{ambas cargas se unen} \\ \text{por un cartucho } a. \end{array} \right.$

Fig. 142 (lámina 12). $\left\{ \begin{array}{l} \text{Pieza formada} \\ \text{por un número} \\ \text{impar de flejes} \\ \text{de hierro.} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{Como en el caso anterior; pero el último} \\ \text{fleje queda sin aparear; } a \text{ y } a' \text{ cartuchos} \\ \text{para comunicar la explosión de unas } \hat{a} \\ \text{otras cargas.} \end{array} \right.$

Fig. 143 (lámina 12). $\left\{ \begin{array}{l} \text{Cabeza de la T. } \left\{ \begin{array}{l} b = 60 \text{ cm. . . .} \\ d = 6 \text{ cm. . . .} \end{array} \right\} C = 6,9 \text{ kg.} \\ \\ \text{se toma la mitad del valor dado por la fórmula, por} \\ \text{estar formadas por planchas roblonadas.} \\ \\ \text{Plancha vertical. } \left\{ \begin{array}{l} b = 64 \text{ cm. . . .} \\ d = 1,5 \text{ cm. . . .} \end{array} \right\} C = 0,9 \text{ kg.} \\ \\ m \text{ y } n \text{ cargas; conviene unirlas por un cartucho peque-} \\ \text{ño y colocar en } r \text{ otro para romper la escuadra.} \end{array} \right.$

Fig. 144 (lámina 12). $\left\{ \begin{array}{l} b = 1,8 \text{ cm. . . .} \\ d = 2,5 \text{ cm. . . .} \end{array} \right\} C = 0,71 \text{ kg.}$
 m , situación de los cartuchos.

Fig. 145 (lámina 12). $\left\{ \begin{array}{l} \text{Plancha horizon-} \left\{ \begin{array}{l} b = 141,2 \text{ cm.} \\ d = 6 \text{ cm.} \end{array} \right\} C = 3,2 \text{ kg.} \\ \text{tal.} \\ \\ p \text{ situación de la carga; } g \text{ cartuchos adicionales para} \\ \text{romper las escuadras.} \\ \\ \text{Planchas verti-} \left\{ \begin{array}{l} b = 120,3 \text{ cm.} \\ d = 1,3 \text{ cm.} \end{array} \right\} C = 1,28 \text{ kg.} \\ \text{cales.} \\ \\ m \text{ y } n \text{ situación de la carga.} \end{array} \right.$

Fig. 146 (lámina 12).

$\left\{ \begin{array}{l} \text{Plancha horizon-} \\ \text{tal superior ro-} \\ \text{blonada.. . . .} \\ m \text{ situación de la carga.} \\ \text{Plancha horizon-} \\ \text{tal inferior.. .} \\ n \text{ situación de la carga.} \\ \text{Planchas verti-} \\ \text{cales macizas..} \\ p \text{ situación de la carga; se colocará además un cartu-} \\ \text{cho adicional en cada uno de los ángulos exteriores.} \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} b = 81 \text{ cm. . .} \\ d = 5 \text{ cm. . .} \end{array} \right\}$	$C = 6,48 \text{ kg.}$	
	$\left. \begin{array}{l} b = 81 \text{ cm. . .} \\ d = 3 \text{ cm. . .} \end{array} \right\}$	$C = 2,33 \text{ kg.}$	
	$\left. \begin{array}{l} b = 94 \text{ cm. . .} \\ d = 1 \text{ cm. . .} \end{array} \right\}$	$C = 0,96 \text{ kg.}$	

Fig. 147 (lámina 12).

$\left\{ \begin{array}{l} \text{Brazo vertical} \\ \text{superior roblo-} \\ \text{nado.} \\ \text{Brazo horizontal} \\ \text{de la derecha} \\ \text{roblonado. . .} \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} b = 16 \text{ cm. . .} \\ d = 4 \text{ cm. . .} \end{array} \right\}$	$C = 0,80 \text{ kg.}$	$\left. \begin{array}{l} \text{carga } 2,05 \text{ kg.} \\ \text{en los ángu-} \\ \text{los } 0 \text{ y } 0'. \end{array} \right\}$
	$\left. \begin{array}{l} b = 16 \text{ cm. . .} \\ d = 5 \text{ cm. . .} \end{array} \right\}$	$C = 1,25 \text{ kg.}$	

Fig. 148 (lámina 12).

$\left. \begin{array}{l} b = \text{anchura de la pieza desarrollada } 25 \text{ cm.} \\ d = 1,6 \text{ cm.} \end{array} \right\}$	$C = 0,4 \text{ kg.}$
---	-----------------------

Nuevas experiencias llevadas á cabo en Austria, con cargas en forma de paralelepípedo, aplicadas á piezas de hierro del modo ya indicado para las de madera, han dado por resultado que la carga $C = 0,0063 b d^2$ puede reputarse como un mínimo, y que si las planchas de hierro son muy resistentes, es preferible emplear la fórmula $C = 0,007 b d^2$ si las cargas están en forma de paralelepípedo, y $C = 0,01 b a^2$ si son cilíndricas.

Las experiencias que hemos tenido ocasión de efectuar nos han demostrado que para la ruptura de planchas de hierro la fórmula $C = 0,0063 b d^2$ era más que suficiente, si bien es verdad que no hemos empleado, en general, hierros de primera calidad. En cambio, para la ruptura de barras, sobre todo de pequeña sección, con frecuencia ha resultado dicha fórmula deficiente. Hay que advertir que no hemos tenido

ocasión de hacer experiencias con barras de hierro sujetas á esfuerzos de tensión, flexión ó compresión, por estar formando parte de un entramado, y es posible que en tal caso los efectos de la explosión hubiesen sido más eficaces.

En Holanda, para romper las piezas de un puente de hierro, se empleó la fórmula

$$C = 9 b d^2;$$

b y d han de expresarse en decímetros, y la carga puede colocarse indiferentemente en sentido transversal ó paralela á la longitud de la pieza; b representa la longitud de la carga y d el espesor de la pieza. Comparadas estas cargas con las que dan las fórmulas

$$6000 b d^2; \quad 0,0063 b d^2; \quad 0,007 b d^2; \quad 0,01 b d^2;$$

y expresando en todas b y d en metros, para que sean más fácilmente comparables, resultan

$$\begin{array}{l} 6000 b d^2 \text{ | Fórmula belga.} \\ 6300 b d^2 \text{ } \\ 7000 b d^2 \text{ } \\ 10000 b d^2 \text{ } \\ 9000 b d^2 \text{ | Fórmula holandesa.} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} 6000 b d^2 \\ 6300 b d^2 \\ 7000 b d^2 \\ 10000 b d^2 \end{array}} \right\} \text{ Fórmulas austriacas.}$$

Los holandeses hallaron excesiva, no solo la última si que también la belga; en cambio ya hemos visto que los austriacos han hallado deficiente la primera de las tres que están dentro de la misma llave, y en Italia tampoco se encontraron suficientes las cargas dadas por la fórmula $6000 b d^2$.

Esto no nos extraña atendido á que se emplearon en todas estas experiencias hierros de calidades muy distintas. Por nuestra parte, como ya hemos dicho antes, creemos que la fórmula $0,0063 b d^2$ basta para la mayor parte de las planchas de hierro; pero como en campaña conviene tener seguridad en el éxito, si se cree que aquellas son de superior calidad, será bueno emplear las fórmulas $0,007 b d^2$ ó $0,01 b d^2$. Para el hierro en barras, sobre todo si son delgadas, no vacilamos en recomendar la fórmula $0,1 d^2$, que es la que da mayores cargas, pues la

experiencia nos ha demostrado que esta clase de piezas son las más difíciles de romper. Aquí, como en el caso de las piezas de madera, convenirá, siempre que sea factible, el empleo de cartuchos de forma de paralelepípedo.

Con objeto de ver si era posible destruir piezas de hierro por medio de cargas colocadas á distancia y empleando un sólo cebo, se han hecho en Austria varias experiencias.

La de la figura 149 (lám. 12) consistió en colocar sobre una pieza de madera tres cartuchos (I, II, III), los dos primeros distaban $0^m,62$, y los dos segundos $0^m,31$; los cartuchos I y II estaban unidos por un alambre de cobre que daba tres vueltas al rededor de cada uno de ellos; los II y III no estaban unidos; al I se le aplicó una cápsula de fulminato, á la que se dió fuego por medio de la salchicha Bickford, y la detonación del I produjo la del II, pero no la del III. Este hecho demuestra que las vibraciones propagadas por el alambre tienen suficiente fuerza para inflamar la dinamita á la distancia de $0^m,62$. La segunda experiencia (fig. 150, lám. 12), consistió en colocar sobre un fleje de hierro de $0^m,005 \times 0^m,001$ de sección transversal, apoyado sobre dos trozos de madera distantes 5 piés, dos cartuchos de dinamita, á 3 piés de distancia uno de otro. La detonación del cartucho I no produjo la del II, pero sí su inflamación. En vista de estos resultados se procedió á nuevas experiencias y una de ellas consistió en formar con flejes de hierro un cuadrado de $8^m,24$ de lado (fig. 151, lám. 12). Cada lado se componía de dos flejes de $4^m,12$ de longitud unidos por sus extremos y lateralmente á unos largueros de madera por medio de planchas distantes entre sí $0^m,59$. Se colocaron á la distancia indicada en la figura, 16 cartuchos cargados con 180 gramos y 12 con 160 gramos, y se dió fuego al cartucho I, cuya detonación produjo simultáneamente la de los demás, con lo cual se destruyó la pieza de hierro. De esta experiencia se deducen las siguientes consecuencias: 1.^a, una carga inicial de 180 gramos basta para hacer detonar otra colocada sobre una barra de hierro á $1^m,30$ de distancia; 2.^a, que por medio de varias cargas intermedias puede trasladarse la detonación primitiva á mayores distancias.

Experiencias más recientes, hechas por el Comité técnico administrativo, no han confirmado por completo estos resultados.

También en Francia el capitán de Ingenieros, Pamart, llevó á cabo experiencias de esta índole. Primero empleó cajas de zinc que podían contener 5 kilogramos é hizo variar la carga de éstas desde 1 á 5, con lo cual obtuvo los siguientes resultados:

Carga contenida en la caja. <u>Kilógramos.</u>	Distancia á que se propagó la explosión. <u>Metros.</u>
1	0,90
2	1,75
3	2,75
4	3,50
5	4,50

De estas experiencias creyó poder deducir la fórmula

$$D = 0,90 C;$$

en la que D representa en metros la distancia de propagación y C el peso de la carga que contiene el cebo en kilogramos. La carga que estallaba por influencia era de 5 kilogramos (1), pero se observó que la explosión se efectuaba también reduciendo esta última á 1 kilogramo, con tal de que la caja se acabara de llenar con tierra que servía de atraque.

Respecto á la influencia de las cajas se observó que es nula la de la que contiene el cebo, y respecto á la que contiene la carga que estalla por influencia, la distancia de propagación se reducía á la tercera parte, cuando ésta era de madera.

Finalmente, se situaron las cargas al aire libre y entonces se notó que las distancias se reducían considerablemente. Empleando cargas de 1 kilogramo la propagación era solo á 0^m,50.

En nuestro concepto, la fórmula del capitán Pamart solo puede emplearse en casos muy especiales, y por ahora no parece que existan datos suficientes para generalizarla.

Según las experiencias llevadas á cabo en el segundo regimiento de Zapadores-Minadores, con dinamita que contenía el 75 por 100 de nitroglicerina, y empleando cargas de 700 gramos contenidos en cajas cilín-

(1) La dinamita empleada contenía 55 por 100 de nitroglicerina.

dricas de zinc, se hallaron para la fórmula de Pamart $D = K C$, los siguientes coeficientes:

$K = 3$ para cargas suspendidas al aire libre.

$K = 7$ para cargas apoyadas sobre carriles Vignole, sin atraque y estando éstos apoyados en varios puntos.

$K = 3$ para cargas apoyadas sobre vigas de madera montadas sobre el suelo.

$K = 3$ para cargas apoyadas en terreno blando.

La identidad entre estos dos últimos coeficientes y el primero parece indicar que en los dos últimos casos la propagación se hizo por el aire y no por el medio sobre el cual apoyaba la carga. Estos coeficientes son los mismos que los obtenidos por el capitán Coville (véase la página 92), pero nos parecen algo excesivos.

A continuación indicamos algunos datos tomados de la Memoria del capitán Tournay, que pueden ser de alguna utilidad, aunque no sea más que para servir de base á nuevas experiencias.

$D = K \sqrt{C}$.
 Algodón - pólvora comprimido y seco $K = 0,30$ al aire libre y para cargas colocadas en el suelo.
 $K = 1,2$ á $1,50$ para cargas suspendidas en el agua á 2 ó 3 metros de profundidad y contenidas en recipientes de hierro de paredes delgadas.

$D = K G \sqrt{C}$: G proporción de nitroglicerina que contiene (0,25 á 0,90).

Valores de K .

RECIPIENTES.	Cargas colocadas sobre barras de hierro.	CARGAS COLOCADAS SOBRE EL SUELO		Cargas sumergidas.
		Duro.	Blando.	
<i>Dinamita</i> Sacos ó material poco resistente. . . .	2,50 á 3	1,30	1	3,70 á 4,60
Caja de madera de 0,02 á 0,025 de espesor. . .	1,50 á 2,20	0,95	0,65	2,40 á 3,30
Metálicos de paredes delgadas.	5 á 6	2,60	2	7,30 á 9,30

La carga excitadora y la que detona por influencia han de ser próximamente de igual peso.

<i>Dinamita-goma y gelatina explo- siva.</i>	}	Sin alcanfor $K = 3,5$ veces el valor que corresponde- ría á la dinamita.
		Con alcanfor $K = 6$ veces al valor que correspondería á la dinamita.

En Austria, antes de los ensayos que hemos relatado, se hicieron varias experiencias para determinar la distancia á que podían transmitirse las explosiones, situando las cargas en el interior de tubos de diferentes materiales. En este caso, la presencia del tubo produce el efecto de recoger la onda explosiva, es decir, canalizarla; la energía que ésta lleva en sí y que al aire libre se esparcía en todas direcciones, ahora se concentra en dirección del eje del tubo, resultando, por consiguiente, en ella, de suficiente potencia para elevar la temperatura del explosivo hasta el grado necesario para que estalle. En nuestro concepto, esta es la causa de los resultados que se obtienen por medio de los tubos, á la cual hay que agregar quizá el choque producido por la columna de gases á que da lugar la explosión: esta otra causa, si influye, es muy secundaria, pues como luego veremos, bastan cargas muy pequeñas, situadas al extremo de un tubo, para producir la explosión de otras cargas situadas al otro extremo. En este caso la masa de gases producida es pequeña, y su fuerza viva no nos parece suficiente para dar lugar á la explosión por influencia.

Los resultados obtenidos en Austria están indicados en la tabla siguiente:

Naturaleza del tubo.	Longitud del tubo.	Diámetro.	Espesor.	Número de partes y sistema de unión.
	<i>metros.</i>	<i>metros.</i>	<i>milímetros.</i>	
3 espesores de papel pergamino.	0,79	0,013	»	1
Idem.	1,26	0,026	»	1
	0,948	0,022	0,001	1
Hojadelata.	1,896	0,026	0,001	3 soldadas.
	2,528	0,026	0,001	4 soldadas.
	3,792	0,013	0,0026	1
	2,684	0,0107	0,0026	1
Plomo.	0,948	0,0107	0,0026	1
	2,052	0,0107	0,0026	1
	1,580	0,0107	0,0026	1
	2,13	0,026	0,0076	2 empalmadas por medio de un manguito sin atornillar.
Fundición.	2,21	0,026	0,0076	
	2,21	0,078	0,0081	1
	4,11	0,013	0,0033	1
	4,11	0,026	0,0042	1
Hierro forjado.	4,42	0,026	0,0042	1
	4,74	0,032	0,0047	2 reunidas por un manguito atornillado.
	4,74	0,052	0,0065	
	3,32	0,013	0,0033	
Idem.	3,792	0,032	0,0047	Entre las dos partes del tubo se coloca una carga de 560 gramos y otra igual á cada extremo.
Idem.	»	0,332	0,0044	Los tubos se unen por manguitos atornillados. En los recodos se colocan cartuchos con 17,5 gramos en número de 4 á 5, según concurren 3 ó 4 ramas.

En vista de los anteriores datos, y convencidos de la gran importancia que en campaña pueden tener las explosiones simultáneas, sin necesidad de recurrir á los sistemas de compasamiento de hornillos, en la Escuela práctica que tuvo lugar en Conanglell en 1891, recomendamos al capitán D. Arturo Vallhonrat que ejecutara algunas experiencias encaminadas á este objeto. Dicho oficial desempeñó con gran laboriosidad é inteligencia este cometido, y como creemos que los resultados obtenidos, y que constan ya en la Memoria referente á dicha Escuela práctica, son de algún interés, damos á continuación un extracto de ellos.

En primer lugar, se hicieron experiencias con cargas al aire libre y colocadas sobre piezas metálicas, especialmente carriles, pues siguiendo la onda explosiva las mismas leyes que la sonora, los cuerpos más densos, como son los metálicos, facilitarán su propagación.

De estas primeras experiencias se dedujeron los siguientes resultados:

1.º Sobre un carril y disponiendo las cargas del modo que luego indicaremos para la ruptura de carriles, las explosiones se propagan á las distancias siguientes:

Cargas, gramos.	100	200	300
Distancias de propagación en centímetros. . .	50	62	75

Como puede verse, estas experiencias no confirmaron la fórmula del capitán Coville; la dinamita contenía más del 75 por 100 de nitroglicerina, y según dicha fórmula ($D = 7 C$) para las cargas de 100, 200 y 300 gramos, las distancias hubieran debido ser de 0^m,70, 1^m,40 y 2^m,10, y resultaron mucho menores.

2.º Que la inflamación de una carga de 100 gramos colocada sobre una pieza de hierro produce en la mayor parte de los casos la explosión de otra situada á 50 centímetros, y casi siempre si esta distancia se reduce á 25 centímetros.

3.º Que si bien la distancia á que se propagan las explosiones aumenta con la carga, no ha podido determinarse ninguna ley que ligue ambas cantidades, lo cual no es de extrañar si se tiene en cuenta que la masa del hierro que ha de propagar la onda explosiva ejerce mucha influencia y varía con la naturaleza y dimensiones de la pieza, objeto de la experiencia. En los carriles, para cargas inferiores á 500 gramos,

puede admitirse que por cada 100 gramos de aumento en la carga, corresponden 12 centímetros de aumento en la distancia. Este dato no es, sin embargo, absolutamente seguro.

4.º Que la distancia á que se efectúa la propagación aumenta con la densidad del cuerpo, al cual se aplica la dinamita.

5.º Que el atraque disminuye la distancia de propagación; esta circunstancia no es difícil de explicar, si se atiende á que el atraque localiza los efectos del explosivo, haciendo la pólvora más rompedora y transforma en efectos de ruptura parte de la energía que antes absorbía la onda explosiva.

Los resultados de las experiencias llevadas á cabo con tubos, están indicados en la tabla adjunta.

Naturaleza del tubo.	Longitud. <i>metros.</i>	Espesor. <i>milim.</i>	Diámetro. <i>metros.</i>	Disposición de las cargas.	Resultado obtenido.
Hierro forjado.	0,29	2	0,045	Dos cargas de 50 gr., una en cada extremo, y éstos cubiertos de tierra sin apisonar. .	Las dos estallaron con un sólo cebo.
Idem.	1,20	2	0,045	Idem de id. id.	Idem.
Idem.	1,13	3	0,03	Idem de 25 id.	Idem.
Palastro.	3,08	1	0,05	Idem de 50 id.	Idem.
Plomo (en mal estado).	1,56	1	0,025	Los extremos se ensancharon en forma de embudo y en ellos se introdujeron 25 gramos de dinamita, atracada con tierra sin apisonar.	Idem.
Plomo.	4	3	0,03	Como en el caso anterior.	Idem.
Hierro forjado.	2,20	2	0,03	Una carga de 25 gramos, sin atraque, en cada extremo.	Idem.
Cauchú.	1	1,5	0,01	Una carga de 25 gramos en cada extremo, parte introducida, parte al exterior y sujeta con bramante.	Idem.
Plomo.	5	1,5	0,015	25 gramos á cada extremo, cubriéndolos con tierra.	Idem.
Lona.	»	»	»	»	No dieron buen resultado.

De ellas pueden deducirse las siguientes consecuencias:

1.^a Que por medio de tubos de plomo de 0^m,02 de diámetro, puede propagarse la explosión á 6 metros, por lo menos, áun cuando solo se empleen cargas iniciales de 25 gramos. Con tubos de palastro dicha distancia se reduce á 3 metros, á 2^m,2 si el tubo es de hierro forjado de 0^m,03 de diámetro y 2 milímetros de espesor, y á 1 metro si de cauchú.

Estos resultados indican la ventaja de los tubos de plomo sobre los demás, lo cual no ha de extrañarnos, atendido que su mayor densidad facilita la propagación de la onda explosiva. Además, los tubos de plomo tienen la ventaja de prestarse fácilmente á tomar cualquier forma y por consiguiente resultan de uso más expedito.

2.^a Los recodos de los tubos y las rugosidades de las paredes no ejercen influencia. Esto confirma lo que hemos dicho, á saber, que la explosión por influencia se debía principalmente á la propagación de la onda explosiva, y en muy pequeña parte, y quizá en modo alguno, al choque de la columna de gases producida por la explosión inicial.

3.^a Que con un solo cebo pueden inflamarse varias cargas, ya estén todas ellas en un mismo tubo, ya se hallen en varios tubos que converjan en el sitio en que se halle situada la carga que contiene aquel.

4.^a Que es conveniente tapar bien los extremos de los tubos, ya sea con los mismos cartuchos, ya sea con tierra ó con una capa de brea ó pez.

Una de las experiencias llevadas á cabo para demostrar la 3.^a de las consecuencias indicadas, consistió en formar con cuatro tubos (fig. 152, lám. 12) una cruz con dos brazos de 1^m,22 y otros dos de 0^m,70; en el centro se colocaron 25 gramos de dinamita y otros tantos en cada uno de los extremos; la inflamación del primero produjo la de los demás.

Dos de las aplicaciones de las experiencias indicadas consistían en la voladura de dos puentes de madera rompiéndolos por dos secciones distintas, con lo cual se lograba que el tramo comprendido entre ellas cayera por completo, cosa que nunca sucede, cuando solo se rompe una sección.

En uno de los puentes se adoptó la disposición que indica la figura 153 (lám. 12). En cada una de las secciones que se destruyeron se colocó una tubería de plomo que la rodeaba, aplicada debajo del tablero y luego verticalmente contra las cerchas, de modo que tenía la forma de U.

Fig. 139

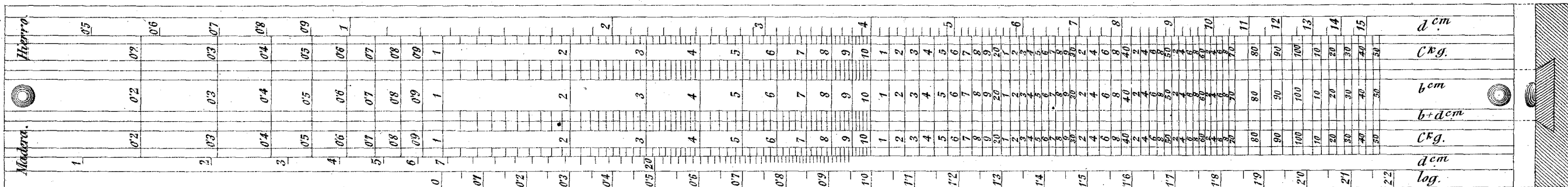


Fig. 137

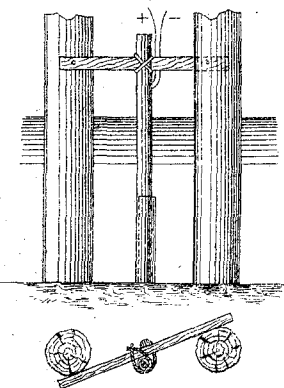


Fig. 138

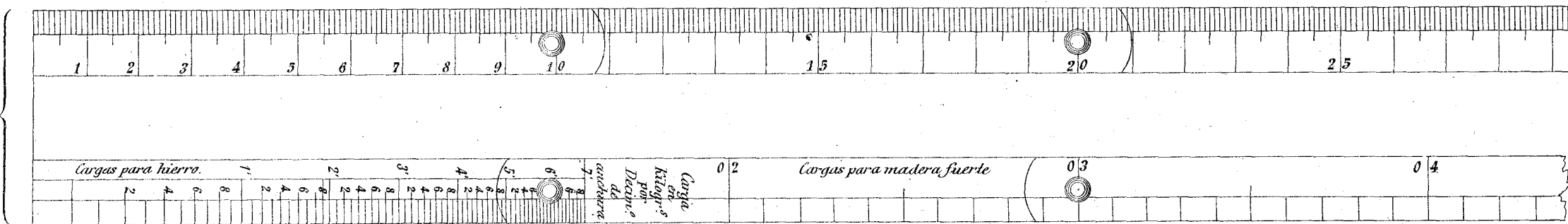


Fig. 136

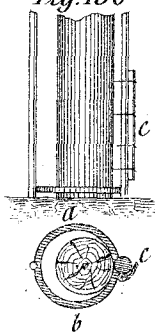


Fig. 140

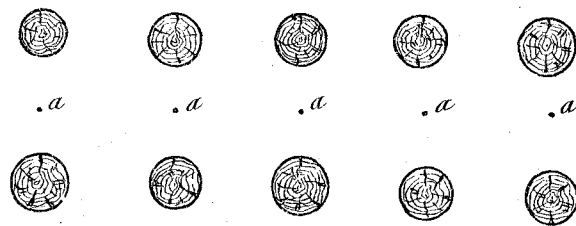


Fig.151.

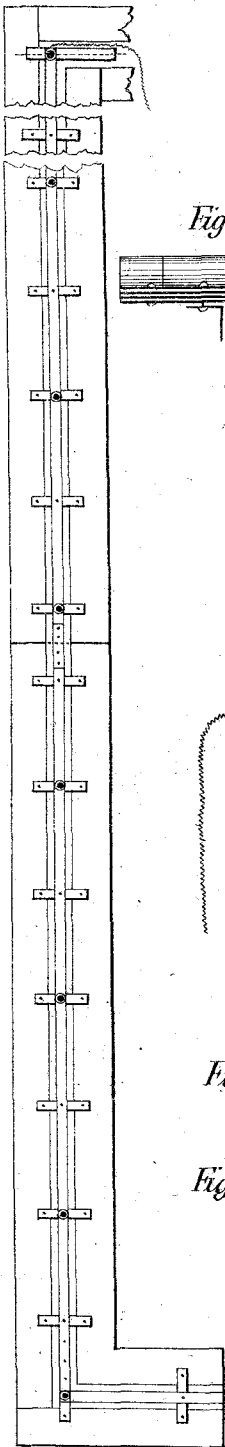


Fig.141

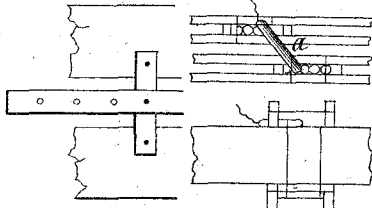


Fig.142

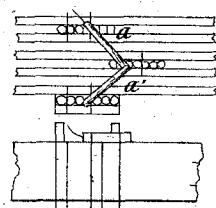


Fig.143

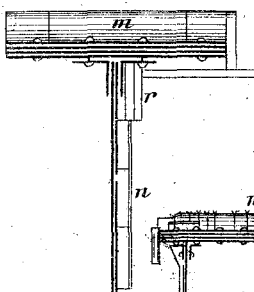


Fig.144

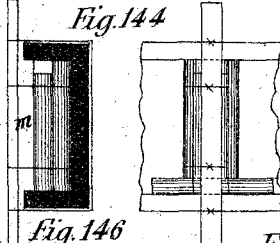


Fig.145

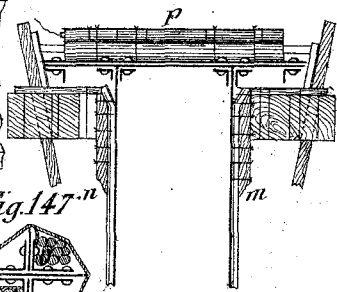


Fig.146

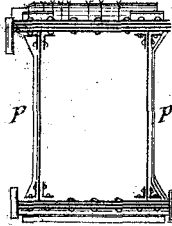


Fig.147-n

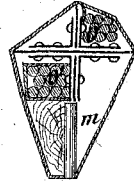


Fig.148



Fig. 149

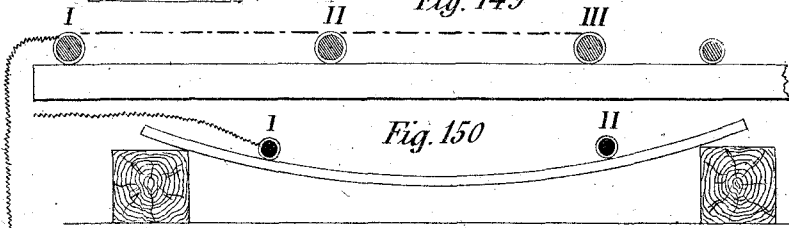


Fig.152

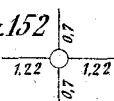


Fig. 153

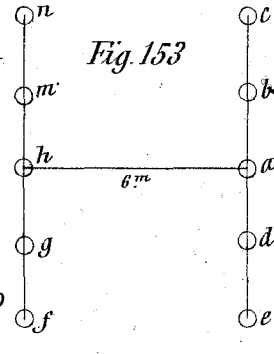


Fig.154

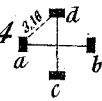


Fig.154 bis

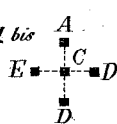
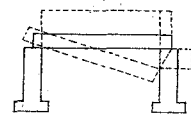


Fig.156



bd) tubos de plancha de hierro
ac) cebos eléctricos

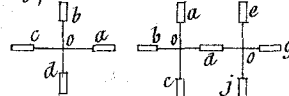


Fig. 155 y 155 bis

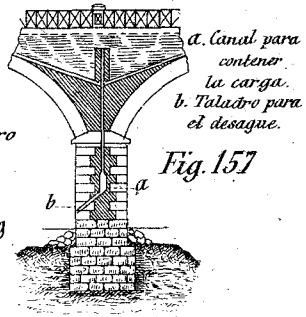


Fig.157

Las cargas calculadas con arreglo á las escuadrias de las piezas que se trataba de romper, se colocaron en tubos cortos de mayor diámetro *a*, *b*, *c*, *d*, etc., y en cada uno de éstos concurrían dos de los que formaban la tubería que rodeaba la cercha. Ambas tuberías se unieron por otro tubo *a h*, de 6 metros de longitud; el cebo se puso en *a* y dió fuego á las diez cargas, quedando el tramo completamente cortado en las dos secciones *e c* y *n f*. Todas las aberturas de los tubos se taparon con pez fundida.

También se destruyó un tramo de vía férrea colocando cargas adosadas á las almas de los carriles por la parte interior de la vía y de uno á otro carril un tubo de palastro de 45 milímetros de diámetro, en cuyos extremos, y en contacto también con el alma de los carriles, se colocaron cargas de 50 gramos. Las cargas adosadas á los carriles distaban entre sí 50 centímetros: dando fuego á una de ellas, estallaron todas.

Estos resultados los conceptuamos de gran importancia, pues evitan el empleo de explosiones simultáneas, cuya instalación es siempre entretenida y expuesta á algun fracaso.

Pueden ser de fundición ó de palastro. Los primeros se rompen aplicando á las piezas que sostienen el tablero las fórmulas que ya hemos dado á conocer.

Destrucción
de puentes
metálicos.

Los de palastro pueden ser de vigas tubulares ó bien de alma llena ó de celosía ó de otro cualquiera de los sistemas empleados en la construcción de puentes metálicos. En cualquiera de los casos basta aplicar á las piezas principales de la viga ó cercha, cargas calculadas por medio de las fórmulas que hemos dado á conocer. Para evitar el empleo de explosiones simultáneas, pueden aplicarse á esta clase de puentes los procedimientos indicados, ya sea colocando las diferentes cargas de una misma sección á distancias tales que las explosiones se propaguen al aire libre, ya empleando tubos de plomo, disposición más segura y que aconsejamos ensayar. De todos modos conviene, como en la experiencia ya descrita llevada á cabo en la Escuela práctica de 1891, romper dos secciones para tener casi la completa seguridad de que el puente quedará bien destruído.

Si se trata de un puente suspendido, se romperán los cables por medio de los datos en otro lugar indicados.

Según experiencias hechas en Austria, atar un cartucho con 1^k,120 de dinamita contra dos carriles en su punto de unión, basta para

Ruptura
de carriles..

inutilizar la vía. Se observó, además, que si la sección del cartucho era elíptica, el efecto producido era mayor y mayor aún colocándolo de modo que el eje mayor de la elipse formara con el horizonte un ángulo de 45° .

También se observó que los efectos eran mucho mayores colocando la carga paralelamente á la vía, que si aquella se hallaba en una dirección perpendicular.

Experiencias hechas en Amberes han demostrado que una carga de 0,600 kilogramos, sin atraque, colocada contra la cara exterior de una placa de unión, impedía la circulación de los trenes á consecuencia de su explosión. Poniendo sobre la carga una capa de tierra de $0^m,20$ á $0^m,30$, aquella puede reducirse á 0,300 kilogramos. El objeto de colocar la carga contra la cara exterior es: primero, que colocada en la interior el contacto será más imperfecto, á causa de la parte del perno que queda fuera de la placa; y segundo, que como por medio de este procedimiento sólo se logra encorvar uno de los carriles, es preciso que éste quede doblado hacia el interior, pues si esto tenía lugar al exterior, quedarían tres ruedas apoyadas contra los rails y no se produciría descarrilamiento, mientras que doblándose el carril hacia el interior la pestaña de la rueda ha de seguir la dirección que aquel le marque, y por tanto habrá descarrilamiento.

Otras experiencias hechas en Bélgica han demostrado además que una carga de 3,92 kilogramos, colocada en la unión de dos carriles, rompe un metro de vía; una carga de 1,20 kilogramos, en el mismo punto, rompe $0^m,50$ á $0^m,60$; y una carga de 0,200 kilogramos, en cualquier punto, inutiliza la vía.

De las experiencias, bastante numerosas, llevadas á cabo en Conanglèll, en la Escuela práctica de 1891, por el capitán D. Arturo Vallhonrat, pueden deducirse las siguientes consecuencias:

1.^a Una carga de 300 gramos de dinamita aplicada contra el alma de un carril, sin atraque alguno, lo rompe por completo en una extensión de $0^m,50$, por lo menos, proyectando trozos á distancia.

2.^a Una carga de 150 gramos, colocada del mismo modo, pero atracada con tierra ligeramente apisonada, produce también la ruptura.

3.^a Que en caso de tener poca dinamita, y no mucho tiempo ni me-

dios para efectuar el atraque, pueden emplearse cargas de 250 y aun 200 gramos, con lo cual la ruptura completa, si no segura, es bastante probable.

4.^a Que cargas de 100 gramos, bien atracadas con tierra apisonada, aun cuando no rompan un carril, bastan para inutilizarle.

Cuando las piezas son de fundición, puede adoptarse el sistema de cargas parciales, una en la boca de la pieza, otra en el fondo y otra en la sección correspondiente á los muñones. Estas cargas se colocan en el ánima de la pieza y el resto se llena de agua.

Ruptura
de piezas de
artillería.

La fórmula que sirve para calcular cada una de las cargas parciales es la

$$C = 77,4 \frac{R^2 - r^2}{r^2}$$

en la que R es la distancia desde el centro de la carga al punto más lejano de la sección transversal en que aquella se halla, r el radio del ánima; ambas dimensiones vienen dadas en milímetros y la carga en gramos.

Otras experiencias han demostrado que bastaba una carga de 0,1 kilogramo por cada centímetro de calibre.

Las piezas de campaña, sean de fundición, hierro forjado ó acero, pueden romperse por medio de una carga de 500 gramos introducida en la pieza, sobre la cual conviene colocar un atraque formado por un tapón de arcilla, madera ó tepes.

En general puede admitirse que con una carga de 0,500 kilogramos por tonelada, puede romperse una pieza corta, y con 1 kilogramo por tonelada se rompe una pieza larga.

En la guerra, la ruptura de piezas por medio de la dinamita es susceptible de grandes aplicaciones, cuando no se quieran abandonar al enemigo. Los métodos antes empleados para inutilizarlas, no conseguían este resultado más que momentáneamente unos, y á fuerza de grandes trabajos otros. Sin embargo, en las piezas de retrocarga, el mejor medio de inutilizarlas consiste en llevarse el aparato de cierre cuando puede separarse de la pieza. En caso de urgencia podía también romperse la pieza colocando á su alrededor una salchicha de dinamita, á razón de 1 kilogramo por tonelada.

OBSERVACIONES ACERCA DE LA RUPTURA DE LAS PIEZAS DE HIERRC Y MADE-
RA.—La dinamita debe estar, siempre que se pueda, en contacto con la
pieza que se trata de destruir, pues de lo contrario se pierde gran parte
de su fuerza. Con este objeto los soldados encargados de aplicarla deben
llevar clavijas, bramante ó alambre para fijar los cartuchos. Estos se
colocarán siempre sobre el lado mayor de la pieza y en las vigas empo-
tradas ó apoyadas cerca del punto de empotramiento ó apoyo, pues de
lo contrario la elasticidad de la pieza se opondría en parte al efecto de
la explosión; en las piezas de hierro reforzadas por escuadras se colocará
la carga cerca de éstas.

En las fórmulas $[\omega]$ y $[\pi]$ puede observarse que no influye la longi-
tud de las piezas; esto nos hace creer que la dinamita produce sobre la
sección transversal á que está aplicada efecto cortante, y por tanto sólo
tiene que vencer la resistencia que le opone la materia contenida en di-
cha sección.

Aun cuando la dinamita no necesita atraques, siempre que se pueda
conviene emplearlos para aumentar su efecto. Algunos sacos de tierra,
y aun tierra suelta colocados sobre la carga, bastarán para ello. En la
voladura de los puentes, las cargas aplicadas debajo del tablero se colo-
carán sobre barras de hierro que vayan de unas á otras pilas. Además,
es preciso ligar fuertemente los cartuchos á las piezas que se quieran
destruir, á fin de evitar que se muevan al hacer explosión la carga.

Los soldados encargados de colocar los cartuchos de dinamita y dar
fuego á la mecha, se hallan muy expuestos, cuando esta operación se
hace al frente del enemigo, por cuya razón conviene protegerlos por
medio de tiradores. También conviene darles alguna protección con-
tra los proyectiles que pudieran hacer estallar los cartuchos. En el
ataque de Epinny, los soldados que llevaban dinamita, la colocaron de-
bajo de la manta después de haber puesto ésta en cuatro dobleces.
Durante el sitio de Paris se ensayó también la *coraza Alexandre*, ó sea,
una coraza de plancha de acero de 6,5 milímetros de espesor, forrada de
fieltro y láminas de cobre muy delgadas; pesa 23 kilogramos y cubre el
pecho y la espalda, y hasta 60 pasos protege contra los proyectiles del
Chassepot. El inconveniente de esta coraza, empleada en Buzenval, es
su mucho peso.

Conviene llevar las cargas en envolturas de papel ó cartón, pues las metálicas á 2500 pasos pueden hacer explosión al ser chocadas por un proyectil, mientras las segundas sólo hacen explosión á 350 metros.

En cuanto á los carros, según experiencias hechas en Austria, conviene que tengan una pared de plancha de acero de 6 milímetros, ó de plancha de hierro de 7,5 milímetros, y otra interior de madera, quedando entre ambas un vacío de 20 milímetros; de este modo los cartuchos están más resguardados de explosiones por el choque de los proyectiles, pues si aquel tiene lugar queda muy amortiguado. Las tropas deben colocarse á 225 metros de los carros de dinamita para librarse de los efectos de la explosión de aquella. El soldado encargado de dar fuego á la mecha del cartucho cebo debe retirarse 50 ó 100 metros hacia uno de los lados, pues se ha observado que los trozos del material destruído son casi siempre proyectados hacia delante y raras veces hacia los lados. Las columnas de asalto ó tropas encargadas de proteger á los minadores, deben colocarse á 50 metros, por lo menos, del punto en que tenga lugar la explosión.

En cuanto á los cartuchos empleados para la ruptura de las piezas de hierro y madera, los más convenientes son los que contienen cargas de 1,50 kilogramos, combinados con otros de 200, 150 y 100 gramos, pues de este modo pueden formarse cargas próximamente iguales á las obtenidas por las fórmulas, y en caso de que no haya igualdad, se adoptará la inmediatamente mayor dada por la combinación de dichos cartuchos. Los cartuchos cebos contendrán 20 gramos de dinamita, suponiendo siempre que ésta sea de primera clase, pues en caso contrario habrá que aumentar las cargas.

Sabido es que la fórmula que da el valor de las cargas para los hornillos ordinarios, se presenta bajo la forma $C = g h^3$, en la que g es un coeficiente que depende de la naturaleza del medio. En las experiencias que tuvieron lugar en Lentz, se trató de determinar el valor de este coeficiente; pero siendo dependiente, no sólo de la naturaleza del medio, si que también de la disposición de la carga y del atraque, hay que modificarlo algún tanto, sobre todo cuando el medio no es homogéneo; de aquí que convenga poner la fórmula anterior bajo la forma $C = k g h^3$ y calcular para cada caso el valor de $k g$. Si fuera posible calcular sepa-

Demolición
de mampos-
terías.

radamente el de g para el caso de atraque completo y carga en condiciones normales, fácil sería determinar k . Aun cuando las experiencias hechas en Lentz fueron numerosas, no todas tuvieron lugar en buenas condiciones y no fué posible determinar los valores de estos coeficientes; pero, sin embargo, condujeron á fórmulas que vamos á dar á conocer y que pueden dar indicaciones para la demolición de mamposterías en campaña, sobre todo no alejándose de los datos y condiciones en que se determinaron.

La dinamita empleada contenía 72 á 75 por 100 de nitroglicerina; las mamposterías eran muros aislados de 0^m,79 á 2^m,37 de espesor, muros de revestimiento de 2^m,50 y bóvedas de 0^m,32 á 0^m,95 en la clave. La mampostería era de muy buena calidad, formada por piedras de granito unidas por un buen cemento. El estudio de los efectos de las cargas por medio de los embudos es muy difícil en la mampostería, pues éstos son sumamente irregulares; se ha observado que las brechas eran susceptibles de un mínimo y un máximo, á partir del cual, el aumento de carga sólo produce mayores proyecciones y mayor limpieza en los contornos. Por otra parte, fácil es concebir que en los muros, en el sentido vertical, la acción de la gravedad contribuirá á hacer el efecto de la explosión mayor, y de aquí, que el resultado sea mayor en sentido de los lechos y hácia la parte superior, que en sentido de las juntas; en las bóvedas sucede lo contrario, y en todos los casos se producen embudos muy irregulares. En la demolición de mamposterías conviene emplear hornillos ordinarios, pues los subcargados producen poco efecto y en los recargados hay gran pérdida de gases, y parte de la fuerza desarrollada por la dinamita se gasta en proyecciones; los hornillos deben distar entre sí el doble de la línea de mínima resistencia. Esta es igual á la distancia del centro de la carga al paramento exterior, es decir, que la mitad del lado de la caja que contiene la carga, debe formar siempre parte de dicha línea. Las cargas empleadas para la demolición de la mampostería pueden ser concentradas, es decir, cúbicas, ó alargadas, cilíndricas y de una longitud igual á la del muro que se trata de demoler.

Muros
destacados.
Cargas
cúbicas.

La tabla núm. 5 da los valores de las cargas correspondientes á los diferentes casos, así como los lados de las cajas y diámetro de los embudos. Como puede verse en ella, las cargas son enormes en los dos prime-

ros casos, pues un muro de 1 metro de espesor necesita 53,6 kilogramos y 50,11 kilogramos respectivamente para una brecha de menos de 2^m,50 de diámetro; estos procedimientos no deben por lo tanto seguirse más que en circunstancias especiales. Colocando la carga al pie del muro y la caja enterrada en toda su altura, los resultados obtenidos son muy favorables y la operación puede hacerse con mucha rapidez.

Siempre que haya tiempo para ello conviene introducir la caja en el muro, pues con menores cargas se obtienen considerables resultados y se economiza dinamita. Se ha observado que las cargas disminuyen considerablemente á medida que las cajas se hallan más próximas al centro del espesor, como lo indica la tabla. Esto se explica por la disminución de la línea de mínima resistencia. Es indiferente emplear en este caso envolturas resistentes ó débiles, pues la experiencia ha demostrado que los resultados eran siempre los mismos. Atracando la carga con el mismo material que se saca de la cámara de mina, pueden disminuirse algo las cargas, pero no mucho, lo que confirma el menor efecto que el atraque produce en las pólvoras vivas.

También puede aplicarse la dinamita bajo los cimientos del muro, pero esto tiene el inconveniente de exigir primero la construcción de pozos y luego la de hornillos en los cimientos, lo que aumenta considerablemente el trabajo sin necesidad, pues los procedimientos expuestos anteriormente dan medio de efectuar destrucciones suficientemente completas; para este caso no hay fórmula.

En este caso la dinamita se emplea en tubos cilíndricos y el efecto que produce es mucho mayor que en los anteriores. La explicación de este fenómeno es fácil, pues los efectos de las pólvoras vivas no se propagan á grandes distancias, por cuya razón conviene que el número de puntos de contacto entre la carga y los objetos que deben destruirse, sea el mayor posible. Colocando la carga alargada al pié del muro y sin enterrar, se necesita una cantidad de dinamita igual á la mitad de la que exigen las cargas cúbicas en las mismas condiciones; aún parece que la carga así calculada es excesiva. También pueden disponerse las cargas haciendo en el muro una ranura longitudinal, de longitud igual á la de aquellas, de 0^m,32 de profundidad y 0^m,24 de altura. Una vez introducida la salechicha de dinamita, se coloca delante de ella para cerrar la ra-

Cargas
alargadas.

nura un larguero de madera, que se apuntala fuertemente contra el suelo. En general, en este caso la profundidad debe ser igual al lado de la caja, que introducida completamente en la mampostería contiene la carga que producirá el mismo efecto que la alargada dispuesta como hemos indicado.

Puede admitirse que la carga cúbica que introducida por completo en la mampostería produce el mismo efecto que la alargada, dispuesta como hemos indicado, es igual á los $\frac{4}{3}$ de ésta; la profundidad de la ranura se calcula por la fórmula $p = 0,15 E$. Las fórmulas para el cálculo de las cargas alargadas son menos numerosas que para las cúbicas; pero puede admitirse que para las segundas deben ser la mitad de las primeras colocadas en las mismas condiciones; si así se encontraren cargas alargadas algo débiles, podrían calcularse tomando los $\frac{3}{4}$ de las cúbicas. Las cargas alargadas se calculan por metro longitudinal. Si, por ejemplo, para producir una brecha de 3 metros de diámetro en un muro de espesor E se necesita un hornillo de 30 kilogramos de carga introducida en la mampostería, la carga cilíndrica dispuesta del mismo modo será de 15 kilogramos, ó como máximo de 22,50 kilogramos, lo que corresponde á 7,50 kilogramos por metro. Fácil es comprender que los casos 5.º, 6.º y 7.º de la tabla correspondiente á cargas cúbicas, no se presentarán para las cilíndricas, por el mucho trabajo á que darían lugar.

Según parece, los resultados obtenidos por las fórmulas anteriores dan cargas algo débiles para los muros de mucho espesor y muy fuertes para los de pequeño espesor.

Según las memorias de la Escuela de Versailles (1871-1872), la fórmula adoptada deberá ser de la forma $[\gamma]$

$$[\gamma] \quad C = \frac{x}{p} f(E) \frac{2R + 0,50 p}{3R}$$

en la que x es un coeficiente que depende de la resistencia del medio, p la cantidad de nitroglicerina contenida en la dinamita empleada. E el espesor del muro y el término

$$\frac{2R + 0,50 p}{3R}$$

corresponde al caso de las bóvedas de radio R y luz p . En los muros $R = \infty$, el término

$$\frac{2R + 0,50p}{3R}$$

se reduce á $\frac{2}{3}$ y este coeficiente adquiere un valor máximo é igual á 1 en las bóvedas de medio punto.

La función de E es de la forma $[\delta]$

$$[\delta] \quad f(E) = K + K' E + K'' E^2 + K''' E^2$$

en la que K, K', K'', K''' , etc., son coeficientes indeterminados. Por medio de cuatro experiencias, en las que C y E eran cantidades conocidas, se determinaron cuatro de estos coeficientes y se obtuvo la fórmula $[\delta']$

$$C = \frac{x}{p} (39,83 E^3 - 36,58 E^2 + 14,93 E - 2,00) \times \frac{2}{3}. \quad [\delta']$$

Esta fórmula aplicada en Issy á muros cuyos espesores variaban entre 0^m,47 y 1^m,11, dió muy buenos resultados haciendo $x = 2$, pues la mampostería era de muy buena calidad.

La fórmula $[\delta]$ nos parece racional, pues claro está que la carga ha de variar directamente á la resistencia del muro y al espesor, y en razón inversa de la cantidad de nitroglicerina que contiene. El coeficiente relativo á las bóvedas, se obtuvo en Bapaume en 1862 y representá la influencia que la flecha de la bóveda tiene con relación á la carga de pólvora destinada á romperla; parece natural admitir que esta influencia sea la misma, cualquiera que sea el agente explosivo empleado.

La dificultad consiste en poder determinar los coeficientes K, K', K'' , etcétera, de modo que la fórmula sea general, lo que sólo podría lograrse á costa de muchas y muy minuciosas experiencias.

En cuanto á los muros de revestimiento, las experiencias se llevaron á cabo abriendo pozos detrás del muro y colocando las cargas en el fondo del pozo y tocando al muro, enterrando la mitad de la caja en la mampostería y enterrando la caja; el pozo se atracaba y los resultados fueron buenos. También se experimentó el efecto de la carga colocada contra la mampostería y el pozo sin atracar, y se logró derribar el muro.

Finalmente, otras experiencias hechas colocando la caja en el centro del espesor, atracando el ramal con mampostería ordinaria y cemento, y apuntalando dicha mampostería contra la pared del pozo, produjeron también el efecto deseado. No se hicieron experiencias con cargas cilíndricas; pero parece natural admitir que lo mismo que el caso de muros destacados, éstas debieran ser $\frac{1}{2}$ ó los $\frac{3}{4}$ de las cúbicas, dispuestas en las mismas condiciones. La tabla 5.^a indica las fórmulas aplicables á los muros de revestimiento.

Según el capitán Tournay, las fórmulas siguientes han dado buenos resultados.

Cargas cúbicas.	}	$C = B \times 4,8 h^3$
		$B = 1,30 \times N$
		N , superficie de la parte de carga que queda sin cubrir por el atraque. Si se emplean cajas cúbicas, N es el número de caras no atracadas.
		Si el atraque tiene una longitud igual á h , ó está constituido por un tablero bien apuntalado, $B = 1$.
		Distancia entre los hornillos, $\frac{3}{2} h$ á $2 h$.
		Esta fórmula sirve también para la demolición de bóvedas.
Cargas cilíndricas.	}	$C' = B' \times 2,4 h^2$ por metro corriente.
		$B' = 1$ si el atraque tiene una longitud igual á h y es una pieza de madera bien apuntalada.
		$B' = 2$ si la carga se introduce en una ranura sin atraque.
		$B' = 4$ si la carga se halla simplemente aplicada.
		Longitud mínima de la carga, $2 h$.
		Para abrir brecha en un muro, la longitud de la carga ha de ser por lo menos igual á la altura que tiene el muro sobre el centro de aquella.

La demolición de las bóvedas puede hacerse por medio de explosiones únicas ó simultáneas, y en ambos casos las cargas pueden ser concentradas ó alargadas.

1.º EXPLOSIÓN ÚNICA.—CARGAS CONCENTRADAS. En este caso, conviene colocar la carga sobre el trasdós de la clave y dejar sobre ella una altura de terraplén igual al espesor de la bóveda; el efecto no aumenta, aumentando la altura de terraplén más allá del límite citado. Introdu-

ciendo la caja en la mampostería, los efectos son mucho más considerables, y cuando no se rellena el pozo, en cuyo fondo se coloca la caja, se necesitan cargas muy grandes.

Se probó también á romper las bóvedas por medio de cargas colocadas sobre los piés derechos. En una experiencia, la carga se colocó sobre el eje del pie derecho, común á las dos bóvedas; después de la explosión la bóveda de mayor luz quedó completamente perforada. Esto se explica fácilmente, atendiendo á que la resistencia de una bóveda es menor cuanto mayor es su luz; debe tenerse, además, en cuenta que la línea de mínima resistencia correspondiente á la bóveda de menor luz era la más larga. En otras experiencias se estableció la carga en la prolongación de uno de los paramentos del pie derecho, y se obtuvo mejor resultado. En ambos casos se empleó atraque. Las fórmulas de la tabla número 5, correspondientes á bóvedas de ladrillo, se tienen por bastante exactas para poderlas emplear con confianza.

CARGAS ALARGADAS. Las experiencias hechas para romper bóvedas, colocando cargas cilíndricas á lo largo de la clave, no dieron resultados satisfactorios; pero demostraron la influencia que ejerce en el buen éxito de la operación la relación entre la línea de mínima resistencia y la longitud de la carga. No pudo, sin embargo, determinarse el valor de esta relación.

EXPLOSIONES SIMULTÁNEAS. Una de las experiencias consistió en establecer cuatro hornillos con 5,040 kilogramos, como indica la figura 154 (lám. 12), dos sobre la clave y dos en una línea perpendicular y cerca de los piés derechos: la bóveda tenía 0^m,95 de espesor y las cajas se cubrieron con 2^m,20 á 2^m,50 de tierra. Solo tres cargas hicieron explosión simultáneamente; la *d* hizo explosión después, por haber fallado el cebo. La distancia entre las cargas era de 3^m,16. El resultado obtenido fué una brecha de 4^m,37 de longitud y 4^m,10 de anchura en el trasdós y algo más abierto en el intradós. En la tierra se formó un embudo de 6^m,64 de diámetro.

En otra experiencia se establecieron cinco hornillos (fig. 154^{bis}, lámina 12) con la misma carga, distantes 1^m,90 y cubiertos con 2^m,20 de tierra. El hornillo *E* no hizo explosión al mismo tiempo que los demás. Se formó una brecha de 3^m,40 de ancho y 5^m,40 de largo en el trasdós y de

Cargas
cúbicas.

mayores dimensiones en el intradós. El embudo formado en la tierra tenía 8^m,50 de diámetro.

De estas experiencias se dedujo que para obtener con explosiones simultáneas y cargas cúbicas buenos efectos, es necesario que las cargas no se hallen á distancias mayores que el doble de la línea de mínima resistencia.

Cargas
cilíndricas.

Estas cargas pueden disponerse como indican las figuras 155 y 155^{bis}, (lám. 12), es decir, formando cruces y uniendo los cartuchos por tubos de palastro; en el punto de cruce de la figura 155 y en los dos de la figura 155^{bis} (lám. 12), se colocan los cartuchos-cebos, cuya explosión basta para producir la de los demás, siempre que la distancia del primero á los segundos no sea superior á 0^m,60.

Cada uno de los cartuchos de dinamita contenía 3,920 kilogramos, de modo que en la primera experiencia se emplearon 15,680 kilogramos de dinamita y en la segunda 24,140 kilogramos. Los resultados fueron satisfactorios; las bóvedas tenían 0^m,93 de espesor y la segunda una capa de tierra de 1^m,90 de altura.

Se han hecho también experiencias para la demolición de edificios por medio de cargas de dinamita libremente colocadas en su interior. Experiencias hechas en Austria y Francia parece que han demostrado que empleando 3 kilogramos de dinamita por metro cúbico, podían demolerse edificios abovedados cuyos muros tuvieran 1 metro de espesor; 1 kilogramo por 1 metro cúbico basta cuando los muros solo tienen de 0^m,60 á 0^m,80 de espesor y si éste es menor de 0^m,50, 0,153 kilogramos por 1 metro cúbico. Las cargas se colocan en una ó varias cargas en el suelo de la habitación que se quiere demoler y se cierran todos los vanos.

Quando se quiere establecer una comunicación entre dos edificios, se coloca sobre una de las caras del muro de medianería una salchicha de dinamita de 2 metros de longitud y que contenga 4 kilogramos; se suspende de dos clavos que disten entre sí 0^m,50 y del suelo 1^m,80. La explosión produce generalmente una brecha de 1^m,30 de altura y 1 metro de anchura á 0^m,50 del suelo.

En general, para abrir en un muro un boquete de una longitud determinada, se colocará en su pié una salchicha de dinamita, cuya carga, por metro longitudinal, se calculará según el espesor de aquel por medio

de las fórmulas de la tabla 5.^a Si el muro es de mucha altura ó la brecha tiene poca longitud, conviene, á fin de asegurarse de la abertura de aquella, establecer en los extremos de la brecha dos salchichas verticales de dinamita, calculando su carga como ya hemos dicho; de este modo la brecha quedará limitada por la sección horizontal y las verticales marcadas por las salchichas de dinamita.

En los muros de poco espesor puede formarse una abertura de forma determinada, estableciendo sobre uno de sus paramentos una salchicha de dinamita que dibuje la expresada forma, y calculando la carga en función del espesor y por las fórmulas ya conocidas.

Mr. Champion opina que cuando las mamposterías que forman los muros son de mediana calidad, se pueden obtener mejores resultados estableciendo la carga á una distancia del muro, igual al lado del cuadrado cuya diagonal sea la longitud de la brecha. En este caso, lo que produce la caída del muro es la vibración producida en el aire por la explosión de la dinamita; pero aun cuando algunas experiencias hechas en estas condiciones hayan dado buen resultado, es más seguro colocar la dinamita en contacto con la mampostería.

En la demolición de mamposterías se ha observado que la de ladrillo presenta mayor resistencia que la ordinaria, lo cual se explica fácilmente, atendiendo á que en la primera la trabazón de los materiales es mayor y por tanto contribuyen casi todos á contrarrestar fuerzas desarrolladas por la explosión de la dinamita. Las cargas para la demolición de los edificios pueden emplearse también alargadas en vez de concentradas, pero generalmente se sigue este procedimiento por ser más breve; dichas cargas se aproximan á las paredes y se procura que la explosión sea simultánea.

Tambien puede emplearse, tanto para los barrenos como para la demolición de mamposterías, las fórmulas [a] y [b] debidas á Vagel.

$$[a] \quad C = K (h + r)^3 \quad \text{y} \quad C = K (h + \frac{2}{3} d)^3 \quad [b]$$

en las cuales C , h y r tienen la significación que ya conocemos, y d representa la distancia entre los centros de los hornillos; la primera se emplea cuando solo hay un hornillo. La dificultad consiste en determinar el valor de K .

Demoliciones de puentes de mampostería.

Esta operación ocurrirá con mucha frecuencia en campaña y conviene por tanto dar reglas para ella. La demolición de un puente es cuestión de mucha gravedad y antes de proceder á ella debe estudiarse bien su conveniencia. Sólo deberán destruirse aquellos puentes que no sea posible conservar y cuya inutilización no pueda causar perjuicio al ejército que la lleva á cabo. Cuando esta destrucción ha de hacerse al frente del enemigo, en una retirada, por ejemplo, el oficial encargado ha de conservar la sangre fría á fin de que la voladura sea oportuna y no se repita la catástrofe de Leipzig (1813). Además, siempre que los intereses militares sean conciliables con los económicos y en país propio, se procurará inutilizar los puentes de modo que su reparación no sea luego muy costosa. Los cimientos deberán respetarse, pues las cimentaciones en el fondo de los ríos son difíciles de ejecutar. Los puentes de mampostería pueden destruirse por la voladura de los arcos ó por la de los apoyos.

En Austria se admite que para que una brecha sea difícil de reparar con los recursos de un ejército en campaña, basta que tenga 20 metros. Pero los arcos de los puentes de mampostería rara vez alcanzan una luz tan considerable, por cuya razón habrá que destruir los apoyos intermedios, lo que producirá la caída de los arcos contiguos. Además, las operaciones necesarias para la voladura de un arco, interrumpen las comunicaciones, lo cual puede ser un inconveniente grande, si, por ejemplo, el ejército no tiene otro punto de paso para comunicarse con su base de operaciones. Sólo se destruirán los arcos cuando tengan más de 20 metros de luz ó sea difícil la ruptura de un estribo, como sucede con los puentes que atraviesan los barrancos en los países de montaña. Cuando se destruyan las pilas, se procurará que la destrucción tenga lugar debajo del nivel del agua, á fin de dificultar las reparaciones, procurando, como hemos dicho, respetar los cimientos. Si los tramos del puente son de hierro ó de madera, tienen por lo comun gran longitud, y si es superior á 20 metros, se destruye uno de ellos. Cuando la longitud del tramo esté comprendida entre 12 y 20 metros, los reglamentos austriacos aconsejan que se rompan dos tramos. Cuando la altura del tablero sobre el nivel del agua ó del suelo sea inferior á 6 metros, es preferible romper las pilas. Se destruirán siempre los tramos correspondientes á la parte

más caudalosa del río y nunca los que sólo sirvan para la época de las inundaciones. Cuando se destruyan varios, se empezará por el más lejano á la orilla amiga y luego se irán demoliendo sucesivamente los más próximos á ella. Cuando el tablero sea de madera ó de hierro, es preciso demoler la pila á una altura tal que la parte que quede en pié no impida la caída del tramo. Esta altura se calcula por medio de la fórmula [g],

$$(g) \quad d = \sqrt{(l + l')^2 - l'^2} = \sqrt{l'(2l + l')}$$

en la que d es la altura de pila que debe demolerse, l la longitud del tramo entre los apoyos (fig. 156, lám. 12) y l' la longitud del tramo que apoya sobre la pila. Esta fórmula se deduce del triángulo rectángulo que se formaría en la figura 156 (lám. 12), si el tramo al caer quedara sostenido por la parte de pila no demolida.

Pasemos ahora á estudiar las disposiciones para la voladura de pilas, estribos y arcos.

Una pila está en el mismo caso que un muro destacado y puede, por lo tanto, romperse por los medios que sirven para la destrucción de aquellos.

Ruptura
de pilas.

a. CARGAS APLICADAS EXTERIORMENTE CONTRA UNA DE LAS CARAS DE LA PILA Y SIN ATRAQUE.—La carga por metro longitudinal se calcula por la fórmula $C' = 11,45 E^2$, y una vez determinada y sabiendo la de los cartuchos, es muy fácil calcular el número de éstos, que se unen á un listón de madera y se aplican contra el paramento de la pila, suspendiendo aquél del arco ó del tramo, y procurando que haya contacto entre la carga y la mampostería. Generalmente el listón se coloca horizontalmente y á 0^m,30 ó 0^m,40 del nivel del agua. Este procedimiento es muy rápido, pero exige mucha dinamita y sólo puede aplicarse á pilas de poco espesor. Una pila de 1 metro de espesor y 3 de longitud exigiría ya 34,35 kilogramos de dinamita.

b. CARGAS INTRODUCIDAS EN UNA RANURA HECHA Á LO LARGO DE UNO DE LOS PARAMENTOS DE LAS PILAS Y ATRACADAS CON PIEZAS DE MADERA APUNTALADAS.—La carga por metro longitudinal se calcula por la fórmula $C' = 1,98 E^2$ y la profundidad de la ranura por medio de la $p = \frac{15}{100} E$. Las piezas de madera empleadas como atraque deben te-

ner la misma anchura que la ranura y conviene apuntalarlas procurando evitar choques, tanto al introducir las piezas de madera en la ranura como al apuntalarlas. Este procedimiento exige mucho tiempo (cinco horas por cada 0^m,20 de profundidad en la ranura).

c. CARGAS CONCENTRADAS É INTRODUCIDAS EN LA MAMPOSTERÍA.—Pueden disponerse de los diferentes modos indicados al ocuparnos de la ruptura de los muros destacados. En el caso en que se introduzcan de modo que la cara anterior de la caja que las contiene enrase con el paramento de la pila, se calculan por la fórmula $C = 4,92 E$, y como el embudo producido tiene un diámetro igual á 1,850 E , el número de hornillos

será $N = \frac{L}{1,850 E}$, siendo L la longitud de la pila. Para mayor seguridad, en vez de suponer que los embudos sean tangentes, puede hacerse que se crucen. La distancia de las cámaras de minas á los arranques de las bóvedas, ó al punto de apoyo del tablero, debe ser igual, por lo menos, á la línea de mínima resistencia. Las cámaras se abren por medio de barrenos de 0^m,15 á 0^m,20 de longitud, cargadas con 20 á 40 gramos de dinamita y atracadas con mampostería y cemento ó mortero ordinario, y aun de tierra sino se tuviese otro á mano. Este procedimiento exige más tiempo que los anteriores, pero economiza dinamita.

Demolición
de un
estribo.

Estos se hallan en el mismo caso que un muro de revestimiento y se destruyen, bien por cargas cilíndricas, bien por cargas cúbicas.

Cargas
alargadas.

Aquellas se emplean en salchicha colocada en el fondo de una trinchera cuya profundidad sea la suficiente para que la distancia entre la carga y el arranque de la bóveda sea por lo menos igual al espesor del estribo. Las cargas se aplican contra el paramento del estribo y la zanja se terraplena luego, apisonando las tierras para que sirvan de atraque; la longitud de éste debe ser igual á vez y media el espesor del estribo. La carga, por metro corriente, se calcula por la fórmula $C' = 2,47 E^2$. Este procedimiento tiene la ventaja de que se puede conocer el espesor del estribo en diferentes puntos y calcular las cargas con arreglo á los distintos espesores, pero en cambio la operación de la apertura de la zanja interrumpe la circulación.

Cargas
cúbicas.

En este caso se calcula la carga por las fórmulas de la tabla 5.^a, según la disposición que se les dé; el número de cargas resulta dividiendo la

longitud del estribo por el diámetro del embudo; para establecer las cajas se hacen tantos pozos como hornillos, y luego se terraplena, debiendo dar á este terraplén una altura igual á vez y media la línea de mínima resistencia. Este procedimiento exige más tiempo que el anterior, pero deja más libre el paso. Cuando no pueden abrirse pozos para las cargas, se abren ramales en el paramento exterior del estribo, y en el extremo de aquellos se establecen hornillos. Cuando se emplean cargas concentradas debe aplicarse siempre una en el ángulo formado por el macizo del estribo y el muro en ala.

Cuando no se haya de producir una brecha de mucha luz se establece á lo largo de la clave y sobre el trasdós una fila de cartuchos, cuya carga total ó por metro corriente se calculará según el espesor de la bóveda con arreglo á los datos de la tabla 5.^a

Demolición
de arcos.
Cargas
alargadas.

Perpendicularmente á esta línea de cartuchos se colocan dos ó más filas de 2 en 2 metros; las filas perpendiculares á la clave tienen de 1 á 1^m,50 de longitud y pueden substituirse las filas de cartuchos por tubos de plancha de hierro, en cuyo cruce se colocan los cartuchos-cebos. El ataque lo constituye un terraplén de altura igual al espesor de la bóveda. Este procedimiento exige poco tiempo, pero interrumpe la circulación.

Cuando se quieren obtener brechas mayores, se forman paralelamente á la clave de la bóveda dos zanjas, distantes de las pilas $\frac{1}{6}$ de la luz; estas zanjas llegan hasta el trasdós, y en su fondo se coloca una serie de cartuchos, calculados de modo que la carga por metro sea la que corresponda al espesor de la bóveda. Conviene que el terraplén que sirva de ataque tenga una altura igual á vez y media la línea de mínima resistencia.

Cuando quieran demolerse dos arcos, y no se pueda ó no se quiera demoler la pila que los sostiene, se hace una zanja sobre el eje de aquella y se le da tanta profundidad como se pueda; en el fondo de la zanja se coloca la carga que le corresponda, calculándola con arreglo á la línea de mínima resistencia que resulte, conviniendo, á fin de acortarla, hacer la zanja muy profunda. El terraplén de ataque debe tener en este caso una altura doble ó triple de la línea de mínima resistencia.

Empleando una sola fila de cartuchos á lo largo de la clave, se obtie-

nen brechas muy pequeñas, y es siempre preferible cruzar las filas como indican las figuras 154 y 154^{bis} (lám. 12).

Cargas
concentra-
das.

Estas pueden colocarse sobre la clave, sobre el eje de la pila ó distando de ésta $\frac{1}{6}$ de la luz del arco; las cargas se calculan por las fórmulas $C = 6,06 E^3$, y el número de hornillos, dividiendo la anchura del puente por el diámetro del embudo determinado según las fórmulas que ya conocemos. Las cargas se colocan en el fondo de pozos, que llegan hasta el trasdós y luego se rellenan, debiendo dar á este relleno una altura igual á 2 ó 3 veces la línea de mínima resistencia.

La demolición de puentes por medio de la dinamita suele llevarse á cabo cuando no hay en ellos disposiciones para introducir las cargas. Generalmente al construir los puentes importantes se dejan en los arcos ó en las pilas pozos (fig. 132, lám. 10), de los cuales parten los ramales que conducen al hornillo; estos pozos se cierran por una plancha de fundición, y cuando llega el momento de ejecutar la voladura se cargan los hornillos y se atracan los ramales y pozos. Del fondo de los pozos parte una regata que sirve para dar salida al agua que pudiera acumularse en ellos, y con igual objeto tienen los ramales una pequeña inclinación.

Cuando los puentes tienen estas disposiciones para facilitar la voladura, se suele emplear la pólvora, pues estando bien atracados los hornillos, el efecto que produce, si bien no es tan considerable como el de la dinamita, basta para destruirlos. Sin embargo, el empleo de la dinamita tiene la ventaja de que la operación no se malogra por la insuficiencia ó mala disposición del atraque.

Para preparar las voladuras se podrá recurrir á los siguientes procedimientos. En las pilas, abrir tantos pozos como hornillos hay que colocar, haciendo descender dichos pozos á la profundidad suficiente para que la distancia desde el centro de la carga á los arranques de la bóveda sea igual á la línea de mínima resistencia. También se podría dejar, al construir la pila, y en el centro de la mampostería, un tubo cilíndrico (fig. 157, lám. 12) de diámetro suficiente para contener la salchicha con la carga necesaria para romper la pila. Mr. Lauer propone hacer esta canal inclinada, con objeto de poderla limpiar, cargar y descargar con facilidad, y además conseguir que la pila se rompa según un plano inclinado, con el fin de dificultar la recomposición. Para de-

moler un estribo se abren, adosados á su paramento interior, varios pozos, en cuyo fondo se establecen los hornillos. Para los arcos se deja en la mampostería que rellena los témpanos una canal cilíndrica paralela al eje de la bóveda; en ella se introduce la carga suficiente para romper el arco; esta carga se reparte de modo que ocupe toda la longitud de la canal, y no se atraca. El diámetro de la canal se calcula de modo que pueda contener el tubo que envuelva la carga.

Pueden también aplicarse á la demolición de mamposterías los procedimientos indicados para la destrucción de puentes de hierro y madera: es decir, unir las cargas por medio de tubos de plomo y emplear un sólo cebo. Esta disposición está principalmente indicada para cuando se quieran demoler bóvedas.

Hoy día en que el hormigón es muy empleado en las construcciones militares sería muy conveniente determinar el valor de g que le corresponde. Desgraciadamente no hay experiencias, ó por lo menos no las conocemos, que puedan servir para ello.

Únicamente en la Escuela práctica de 1891 se demolió, en Conanglèll, un estribo de un puente construido en años anteriores. Para dicha demolición se empleó primero una salchicha de dinamita, adosada al paramento, y cuya carga se calculó con arreglo á las fórmulas de la tabla 5.^a pero no se obtuvo el menor resultado. En vista de esto se hizo un barreno, que se cargó solo con 100 gramos, quedando el estribo completamente destruido, y roto próximamente según el plano horizontal que contenía el barreno: ahora bien, según la fórmula, la carga debía ser mayor. Esta experiencia no es suficiente para poder deducir que la destrucción de macizos de hormigón exija cargas menores que las que corresponden á la mampostería y mientras no haya otros datos creemos que deben darse á g los mismos valores que para este caso, sobre todo si se trata de destruir buenos hormigones, como deben serlo los empleados en obras de fortificación.

CAPÍTULO TERCERO.

Fogatas de bombas, pedreras, en desmante y terraplén, rasas y de fuegos rasantes; fogatas rápidas, idem barrileras, minas de proyección, máquinas infernales, torpedos Zubowitz.—Consideraciones generales acerca del empleo de las minas en campaña.



EN las guerras modernas se ha dado muy poco desarrollo á las aplicaciones de las minas en campaña, y en nuestro concepto se ha desperdiciado así un elemento muy importante, sobre todo para la defensiva, á quien le es más fácil encontrar tiempo y medios para aplicarlas con grandes resultados.

Prescindiendo de la destrucción de obstáculos y defensas accesorias, las minas están llamadas á representar un papel importantísimo, obrando no sólo por su efecto material, sino por el que producen en el ánimo de los combatientes. Así se explica que los confederados, que con mucha frecuencia solían colocar delante de sus obras minas, que marcaban por medio de paños rojos, detuvieran en muchas ocasiones el ataque de los federales, sin mas que establecer dichas señales. Entre las diferentes aplicaciones de las minas en campaña ocupan un lugar preferente las fogatas.

Según Moritz Meyer, los primeros que emplearon las fogatas fueron los suecos en 1633, para lo cual hicieron una excavación, y cargándola como un mortero, lograron arrojar piedras; este procedimiento fué empleado en el sitio de Kostnitz. En 1659 los polacos, en el sitio de Thorn, dirigieron, por el mismo medio, contra la plaza sitiada, piedras de 800 libras de peso. En la isla Diu (1699), el teniente Braun hizo, en

presencia del Senado de Venecia, experiencias que dieron buen resultado, y sin embargo los venecianos no se atrevieron á emplear este medio de defensa en el sitio de Candía, por temor de darlo á conocer á los turcos. Bousmard, en su *Essaie de fortification*, proponía emplear una fogata dispuesta como indica la figura 158 (lám. 13). En Alemania, Humbold trató de aplicar esta fogata, pero sin duda por haberla hecho poco profunda produjo sus efectos hacia la parte posterior, por cuya razón no continuaron las experiencias. En 1811 Koschtzhy repitió las experiencias de Humbold, con mejores resultados. El primero que regularizó el trazado de las fogatas y dió reglas, que luego Villeneuve generalizó en su *Manual*, fué el general barón de Fleury. Este general daba á las fogatas la forma tronco-cónica (fig. 159, lám. 13), con el eje inclinado á 45° , y en la cual $A' B' = 2 A B = 2 D D'$. En el fondo de este embudo colocaba una carga de pólvora cubierta por un tablero y sobre él una carga de piedras; con 25 kilogramos de pólvora llegó á proyectar á 100 metros, $3^m^3,600$ de piedra. Teniendo en cuenta que en las fogatas se trata de anular los efectos de dilaniación y de ruptura, á fin de que toda la fuerza de la pólvora se gaste en la proyección de las piedras que entran en ella, teóricamente la excavación debe tener la misma forma que el embudo; pero como ésta es complicada, en la práctica se substituyen las superficies curvas por otras planas, dando á la excavación la forma de un tronco de pirámide. Las fogatas han recibido diferentes formas y ha variado también considerablemente la carga que se les ha dado. En 1830 el capitán Sesvart propuso una fogata llamada de proyección, en la cual la carga de piedras estaba reemplazada por una bomba, una granada ó un barril lleno de pólvora.

En 1840 el general Danllé ideó una fogata compuesta de una cámara de fundición (fig. 160, lám. 13) apoyada sobre un tablero; esta cámara se llenaba de pólvora y sobre ella se colocaba una caja de madera de forma piramidal y llena de piedras; la cámara y la caja se cubrían luego de tierra. Esta fogata tiene la ventaja de que se construye más rápidamente que las ordinarias, y además puede emplearse muchas veces sin necesidad de reparar la excavación; pero en cambio exige que se tengan á mano cajas de fundición y de madera.

Durante la guerra de Secesión se emplearon en América fogatas que

consistían en una bomba (fig. 161, lám. 13) cargada con 4 kilogramos de pólvora y encerrada en un saco lleno de metralla; este saco se enterraba á flor de tierra y la explosión se obtenía por medio de detonadores automáticos que inflamaban la carga al ser pisados; la metralla se esparcía al rededor de la fogata y á muy pequeña altura. El efecto de estas disposiciones nos parece más moral que material. Esta disposición se modificó luego como indica la figura 162 (lám. 13). Una caja de palastro, en forma de cúpula, rodea un vástago, al que va unido un table-ro, sobre el que se coloca la carga de piedra. Al rededor de la cúpula, que se rellena de pólvora, se coloca una caja de palastro llena de metralla; por este medio se logró obtener en la metralla trayectorias muy rasantes, y en una experiencia hecha en Petersburgo una fogata de esta clase extendió sus efectos en un radio de 45 metros.

Los franceses emplearon con mucha frecuencia, durante el sitio de Sebastopol, las fogatas pedreras, y en la guerra entre Chile y el Perú, los peruanos han empleado con gran profusión en la defensa de sus obras minas de dinamita, cuya disposición no conocemos.

Las fogatas pueden arrojar piedras, bombas, barriles, etc., y según esto, se llaman fogatas pedreras, de bombas, barrileras, etc. Las que sólo arrojan un proyectil, bomba, piedra, barril, etc., se llaman también minas de proyección.

Estas consisten meramente en pozos de 3 á 4 metros de profundidad, en cuyo fondo se establecen cargas, rellinando luego los pozos con piedras y teniendo cuidado de disponer el terreno de modo que nada indique su existencia. La caja que contenga las pólvoras debe estar bien embreada, sobre todo si se coloca mucho antes de dar fuego. A veces, desde el camino cubierto de una obra se abren, por medio de un barreno, cámaras de minas, en cuyo interior se coloca una carga que se hace estallar en el momento oportuno. Más adelante nos ocuparemos de los medios de dar fuego á estas cargas.

Fogatas ordinarias.

Pueden disponerse de diversos modos, pero generalmente se les da la forma indicada en la figura 163 (lám. 13). Las bombas ó granadas se encierran en una caja dividida en dos partes: en la inferior está la carga y en la superior las bombas boca abajo, cuya espoleta comunica con la carga. Conviene que la pólvora del interior del proyectil no se

Fogatas de bombas.

inflame hasta que éste salga del embudo, á fin de que los cascós produzcan efecto.

Algunas veces se colocan al rededor de la caja piedras, que son arrojadas por la explosión, y en este caso puede disponerse la fogata como indica la figura 164 (lám. 13).

En la tabla núm. 24 se hallan los datos para establecer estas fogatas.

Fogatas
pedreras en
terraplén.

Las fogatas de esta clase pueden tener diferentes formas. Antiguamente ya hemos dicho que se hacían tronco-cónicas; pero éstas eran de difícil ejecución. Otras veces se hacían cilíndricas con el eje inclinado; pero tampoco esta figura puede formarse con facilidad en el terreno. Las superficies curvas han desaparecido hoy día, siendo reemplazadas por planos, más fáciles de ejecutar. En las fogatas en que nos ocupamos hasta los más pequeños detalles tienen influencia, y por otra parte, es difícil determinar teóricamente sus efectos. Las fórmulas empíricas que figuran en los manuales antiguos dan muy poca exactitud, por cuya razón, en lo que vamos á decir, nos atenderemos á lo expuesto por el teniente coronel belga Bralion en su obra *Etude sur les mines militaires*, tanto más cuanto las fórmulas que en ella figuran fueron comprobadas en la Escuela práctica que en 1880 tuvo lugar en Guadalajara. Las fogatas pueden tener distintas dimensiones; pero nosotros tomaremos una como tipo, y ésta nos servirá para deducir de ella todas las demás.

Cada fogata consta (fig. 165, lám. 13) de un plano de cabeza en contrapendiente ($l' g, h h g g$), un plano de fondo ($e K, f f i i$), el plano del tablero ($g e, f f g g$) y dos planos laterales ($f g h i$). Las inclinaciones de estos planos son las siguientes:

Los laterales $\frac{6}{1}$; el de fondo $\frac{1}{3}$; el de cabeza $\frac{3}{1}$; el del tablero $\frac{1}{1}$. El eje de la fogata, que es perpendicular al plano del tablero, resulta, por consiguiente, inclinado á 45° .

Para la construcción de esta fogata deben tenerse en cuenta los datos siguientes:

Profundidad del centro de la carga, $a b$	1 ^m ,80
Distancia del lado inferior del fondo á la superficie del terreno, $e e'$	2 ^m ,03
Distancia del lado superior del plano de cabeza á la proyección horizontal del inferior del fondo, $l' e'$	0 ^m ,27

Lado horizontal superior del plano de cabeza, $h h$. . .	1 ^m ,60
Lado horizontal superior del plano de fondo, $i i$. . .	3 ^m ,76
Distancia $l K$	6 ^m ,36
Lado del tablero	1 ^m ,00
Lado exterior de la caja que contiene la carga, $o p$. . .	0 ^m ,344
Espesor de las paredes de la caja	0 ^m ,02
Volumen de tierra removida	14 ^m ³ ,430
Volumen ocupado por la caja que contiene la carga . . .	0 ^m ³ ,044
Carga de pólvora	25 ^k ,540

Con estos datos es muy fácil construir la fogata. Se marca sobre el suelo con una piedra (y no con un piquete por no remover el terreno que ha de formar el plano de cabeza, que por estar en desplome se sostiene con dificultad) el punto l , proyección horizontal del centro del plano del tablero, y se traza la proyección horizontal $A K$ del eje; se toman sobre esta proyección las distancias de l á ff y á gg y la $l K$, respectivamente iguales á 0,50, 0,50 y 6,36, y por los puntos así señalados, se trazan perpendiculares á la recta $A K$; sobre cada una de ellas, y á uno y otro lado de dicha recta, se toman las magnitudes 0,50, 0,80, 0,50 y 1,88, y se unen los puntos así obtenidos, que son los gg , hh , ff é ii .

De este modo resulta trazada la proyección horizontal de la fogata, y para construirla, á partir de las líneas ii é ih , se va excavando de modo que el fondo de las excavaciones quede con la pendiente indicada para los planos laterales y de fondo. Se quita así el prisma de tierras $ke e'$, luego el $e' l' le$ y finalmente el $l' lg$. En el centro del plano del tablero se abre una cámara de capacidad suficiente para contener la caja de la pólvora, y de este modo queda la fogata en disposición de ser cargada. Con objeto de aumentar la l. m. r. conviene rodear la fogata de un terraplén, pues de lo contrario se podría formar embudo, con lo cual los efectos de proyección serían menores, y además parte de las tierras de aquel, proyectadas por la fogata, podrían caer sobre los defensores de las obras. Para trazar el terraplén se hace centro en l , y con un radio igual á $\frac{10}{3} gg$ se traza la circunferencia $y' x y'$ que limita el terraplén: éste debe tener en o una altura igual á $\frac{1}{3} gg'$, en y' la altura debe ser gg y en D y D' igual á $\frac{1}{3} gg$. Una fogata de las dimensiones de la tipo exige para su ejecución diez hombres: seis se dedican á hacer la exca-

vación (tres á cada lado de la línea lK) y arrojan las tierras sobre la circunferencia $y'y'$; los cuatro restantes van apisonando y arreglando el terraplén. Si los hombres no están muy ejercitados, necesitan doce horas de trabajo, pero si son prácticos bastan nueve, bien entendido que no se cuenta aquí el tiempo empleado en la carga. Los útiles necesarios son: una cuerda de 40 á 50 metros de longitud, una escuadra, catorce piquetes, diez palas, seis picos y un mazó.

Si el terreno en que se va á abrir la fogata no es horizontal, es preciso modificar algún tanto los datos anteriores. En efecto, se concibe que las dimensiones $l'e'$, $l'K$, ii , hh de la figura 165 (lám. 13) deben variar, pues están limitadas (fig. 166, lám. 14) por las intersecciones de los planos dl y ep con la superficie del terreno lp .

Para determinar en este caso las dimensiones, se sigue tomando la distancia $l'e'$ de $0^m,27$, pues aun cuando la inclinación del terreno sea muy grande, esta magnitud sufrirá alteraciones muy pequeñas. La distancia $e'q$ se determina como sigue: sea π la altura ee' y llamemos A á la fracción ordinaria que representa la pendiente del terreno; la figura $edl'e'k$ (fig. 166, lám. 14) representará el corte de una fogata en terreno horizontal y por tanto $e'k = 3e'$, de donde $\frac{ee'}{e'k} = \frac{\pi}{e'k} = \frac{1}{3}$; la pendiente de $e'p$ está medida por la relación $\frac{pq}{e'q} = A$; además se tiene la proporción $\frac{pq}{ee'} = \frac{qk}{e'k}$, de donde $p q = \frac{\pi (e'k - e'q)}{e'k} = A \times e'q$ y

$$e'q = \frac{\pi}{A + \frac{\pi}{e'k}} = \frac{\pi}{A + \frac{1}{3}}$$

Si la pendiente fuera ascendente, obtendríamos $e'q = \frac{\pi}{\frac{1}{3} - A}$.

La determinación de la magnitud hh se efectúa como sigue: se traza la proyección vertical de la fogata $ldek$ y la horizontal de su plano de fondo $ii ff$; se traza luego la recta hh , proyección de la intersección del terreno con el plano de fondo y se mide su magnitud; también puede obtenerse por la fórmula

$$hh = 2mh + ff = \frac{2 \times eq \times ni}{ek} + ff$$

en la que eq tiene el valor ya determinado, ff y ek los correspondientes á la fogata trazada en terreno horizontal y ni es igual $\frac{ii}{2} - \frac{ff}{2}$.

Las demás dimensiones de las fogatas son las mismas que en terreno horizontal.

La dimensión ab (fig. 165, lám. 13) se llama profundidad de la fogata y el valor 1^m,80 es el máximo que se le da, tanto porque el tiempo requerido para la ejecución de fogatas más profundas será ya muy grande, cuanto porque á mayores profundidades sería fácil encontrar ya á veces aguas subterráneas. Las dimensiones de la fogata-tipo sirven para determinar las de otra cualquiera, una vez dado uno de los elementos de esta última, tal como su profundidad, su carga, el lado del tablero, etc.; en efecto, todas las fogatas son semejantes y por consiguiente sus líneas homólogas son proporcionales y los volúmenes proporcionales también á los cubos de dichas líneas. En las fórmulas ántes empleadas para calcular las cargas de piedra, esta proporcionalidad no se verifica, pero en las que vamos á dar á conocer, sí tiene lugar. Si, por ejemplo, se tratara de determinar los elementos de una fogata de 1 metro de profundidad, las proporciones siguientes resolverían el problema

$$\frac{1,80}{1} = \frac{2,03}{x = ee'}$$

$$\frac{1,80}{1} = \frac{0,27}{x' = l'e'}$$

$$\frac{1,80}{1} = \frac{1,60}{x'' = hh}$$

de este modo se irían determinando todas las dimensiones; estos cálculos pueden evitarse por medio de la tabla 18.

Á fin de que las fogatas produzcan el mayor efecto posible, conviene disponer la carga de piedras de la manera más conveniente. Las piedras de 0^m,10 á 0^m,20 de lado y de 1 decímetro cúbico á 3 decímetros cúbicos son las mejores, y en caso de que no se encuentren piedras de este tamaño, se recurrirá á los cantos rodados.

Los ladrillos producen fragmentos muy pequeños y dan mucho polvo, obteniéndose con ellos alcances menores en $\frac{1}{10}$ á los que proporcionarían los cantos, y en el caso en que quieran obtenerse alcances

iguales, conviene emplear un peso igual á $\frac{10}{11}$ del que se emplearía usando aquellos; por estas razones sólo se recurre al ladrillo cuando no exista otro material. Las piedras de mayor volúmen se colocan en el eje de la fogata y es conveniente que termine la carga en una superficie cilíndrica cuyo eje sea una línea perpendicular al plano de tiro y que pase por el centro de la carga.

Las piedras comprendidas en el prisma recto que tenga por base el tablero, serán las que mayor impulsión reciban; y por esta razón conviene que sean las de mayor volumen. Para el uso de las fórmulas, que luego daremos á conocer, conviene calcular el peso de la carga de piedra con alguna exactitud. Puede seguirse para esto el siguiente método: se abre una zanja cúbica de un metro de lado, se llena de piedras, y luego se pesa, con lo que resultará el peso específico de la piedra empleada; sabiendo el volumen que entra en la fogata, fácil será determinar también el peso.

En general, una mezcla de pizarra y caliza pesa 1270 kilogramos por metro cúbico, y ésta suele ser la clase de piedra que se emplea en las fogatas. Al peso de la piedra hay que añadir el del tablero para obtener el total de la carga, pero puede prescindirse del peso de éste, suponiendo que 1 metro cúbico de piedra pesa 1300 kilogramos. Esta cantidad podrá adoptarse sin inconveniente, cuando no haya tiempo ó medios para determinar con exactitud el peso por metro cúbico de las piedras empleadas. Los tableros deben colocarse bien perpendiculares á la línea de tiro y de modo que su centro se halle en ella; deben ser de mucha resistencia para que no se rompan por la presión de los gases de la pólvora, pues si esto se verificara no podría arrastrar consigo todas las piedras. En general se forman de dos capas de tableros de encina, cruzados y unidos entre sí por clavos ó clavijas; su espesor se calcula por la fórmula

$$E = 10 + \frac{C}{4}.$$

En la que E es el espesor en centímetros y C la carga de pólvora en kilogramos.

Carga de pólvora.—Antiguamente se calculaba por medio de la fórmula

$$[1] \quad C = 1 + 6,66 V,$$

en la que V representaba el volúmen de piedras.

Esta fórmula tiene los siguientes inconvenientes: 1.º Las cargas de pólvora no son proporcionales á los volúmenes, con lo cual se destruye la semejanza que debe existir entre los diferentes elementos de una fogata.—2.º Es independiente del terreno, lo cual no puede admitirse, pues parte de los gases de la pólvora se emplean en desagregarle y formar embudo.—3.º No tiene en cuenta el alcance medio de las piedras, por cuya razón es difícil aplicarla debidamente á las fogatas. Como un mismo volumen de piedras tiene pesos muy distintos, no pueden tener gran exactitud los resultados obtenidos por la fórmula expuesta.—4.º Como á cada volumen de piedras no le corresponde más que una carga, no es posible arrojar las piedras á distancias diferentes. Para evitar en parte este inconveniente se empleaba también la fórmula

$$[2] \quad C = 1 + 10 V$$

que servía para las fogatas llamadas recargadas. Sin embargo, fácil es comprender la discontinuidad existente entre estas fórmulas que no daban medios para resolver por completo el problema, pues puede suceder que se quieran lanzar las piedras á distancias mayores que las dadas por la fórmula [1] y menores que las de la fórmula [2] y aún que los de la [1]. Finalmente, puede suceder que la fogata recargada se halle demasiado lejos del blanco, en cuyo caso habrá que disminuir la carga de piedras. De aquí resulta que era preciso hallar una fórmula que cumpliera con todas estas condiciones, es decir, dar cargas proporcionales á los volúmenes de piedras, tener en cuenta la tenacidad del terreno y los alcances y dar cargas menores que las ordinarias (correspondientes á $1 + 6,66 V$), cargas ordinarias, sobrecargas crecientes hasta la fogata recargada máxima, y finalmente, fogatas doblemente recargadas. La fórmula práctica

$$C = m \left(2 + \frac{P D}{15.200} \right) \quad [3]$$

hallada por el teniente coronel belga Mr. Bralion, cumple estas condicio-

nes; P es el peso de las piedras, D la distancia media á que deben proyectarse y m un coeficiente que depende del terreno. La marcha seguida para determinar esta fórmula ha sido la siguiente. Por medio de una serie de experiencias en que se determinaron cuidadosamente los valores de C , P , m y D , se halló el efecto útil por kilogramo de pólvora, ó sea la cantidad $\frac{P D}{C}$ para cada caso; como es evidente que debía ser igual en todos, el no cumplirse esta condición indicaba pérdida de gases; suponiendo ésta de 2 kilogramos en terreno de consistencia media, se vió que las cantidades $\frac{P D}{C - 2}$ eran próximamente iguales y tenían, por término medio, el valor 15.200, de donde dedujo que podía suponerse que el efecto útil en terreno medio por cada kilogramo de pólvora, podía considerarse igual á 15.200 kilogrametros; luego para producir un efecto útil $P D$ se necesitaba una carga de $\frac{P D}{15.200} + 2$ kilogramos por las pérdidas de gases, resultando la fórmula [3].

El coeficiente m tiene el valor

$$m = 1 - \frac{1}{20} (0 \pm 1 \pm 2 \pm 3).$$

Las cantidades entre paréntesis indican el grado de consistencia del terreno con relación al que se toma por unidad. Se entiende por terreno de consistencia media aquel en el cual un hombre puede introducir bien la pala apretándola con el pié; en este caso se toma el 0 de la cantidad entre paréntesis, y resulta

$$m = 1 - \frac{1}{20} \times 0 = 1.$$

El terreno de máxima consistencia es aquel en el cual un hombre introduce difícilmente el corte de un pico, en este caso,

$$m = 1 - \frac{1}{20} \times + 3 = 1 - \frac{3}{20} = \frac{17}{20}.$$

El terreno de mínima consistencia está caracterizado por un terraplén recientemente hecho, pero bien apisonado; el valor de m es

$$m = 1 - \frac{1}{20} \times - 3 = 1 + \frac{3}{20} = \frac{23}{20}.$$

La cantidad ± 1 corresponde á un terreno más próximo al de consistencia media que al de mínima ó máxima, y la cifra ± 2 indica mayor proximidad á las consistencias máxima ó mínima. Como se ve, no es fácil apreciar con toda exactitud el valor de m , pero siempre es posible obtenerlo con aproximación.

La fórmula [3] ha dado muy buenos resultados; sin embargo, no conviene emplearla para fogatas subcargadas cuya carga sea inferior á C en más de $\frac{1}{3}$, y además tampoco conviene emplear cargas pequeñas porque dan alcances muy cortos, siendo preferible en este caso recurrir á las fogatas rasas.

La fórmula [3] ha debido modificarse para las fogatas recargadas, y se presenta en este caso bajo la forma

$$C = m \left(2 + \frac{P D}{15.200} + \frac{1}{3} \left(2 + \frac{P D}{15.200} - 0,0055 P \right) \right). \quad [4]$$

Esta fórmula, experimentada en Guadalajara durante la Escuela práctica de 1880, por el teniente coronel Martí, ha dado muy buenos resultados, y no vacilamos en recomendarla en substitución de la antigua. El término $0,0055 P$ es la carga correspondiente á una fogata ordinaria con el mismo peso P de piedras.

Si $0,0055 P = 2 + \frac{P D}{15.200}$, la fórmula [4] se reduce á la [3]. Esto nos indica que la fogata que creíamos recargada era ordinaria, y por tanto la fórmula [4] es aplicable también á las fogatas ordinarias, reduciéndose entonces á cero la cantidad entre paréntesis, y por tanto puede considerarse como general. Por medio de la cantidad $0,0055 P$ puede conocerse si la fogata es subcargada, ordinaria, recargada ó doblemente recargada, después de haber determinado el valor de C por la fórmula [3]. En efecto, si C está comprendida entre $\frac{2}{3} (0,0055 P)$ y $(0,0055 P)$, la fogata es subcargada; entre $0,0055 P$ y $\frac{3}{2} (0,0055 P)$, recargada, y desde este último límite hasta $2 (0,0055 P)$, doblemente recargada.

En la fórmula [4] los pesos de piedra empleados están íntimamente ligados á las profundidades, pues en las fogatas subcargadas, en las ordinarias y en las recargadas se debe establecer el centro de la carga á la profundidad resultante de la proporción entre los volúmenes V de la

carga de piedras, el de la fogata tipo (3,60), la profundidad buscada y la de la fogata tipo (1,80). Los volúmenes se suponen iguales á $\frac{P}{1300}$, tomando 1300 como peso específico de las piedras, comprendido el tablero, en lo cual no hay gran error.

De aquí se deduce que la profundidad de una fogata cualquiera puede calcularse por medio de la proporción

$$\frac{x^3}{(1,80)^3} = \frac{V}{3,600},$$

de donde

$$x = \sqrt[3]{\frac{V \times (1,80)^3}{3,600}} = \sqrt[3]{\frac{P \times (1,80)^3}{1300 \times 3,600}}.$$

Dedúcese, de lo dicho, que las fogatas subcargadas, ordinarias y recargadas, que contienen el mismo volumen de piedras, tienen la misma profundidad, y por tanto las profundidades de las fogatas recargadas y subcargadas pueden determinarse recurriendo á la tabla núm. 18, que da las de las fogatas ordinarias.

También pueden obtenerse las profundidades de las fogatas en función de las líneas de mínima resistencia de los hornillos ordinarios que tienen la misma carga que aquellas. En efecto, al hornillo ordinario, cuya carga es la correspondiente á la fogata tipo, es decir, de 1^m,80 de profundidad, le corresponde una l. m. r. igual á 2^m,60; sea h la l. m. r. del hornillo ordinario de la misma carga que una fogata ordinaria cuya profundidad representaremos por x ; podemos establecer la proporción

$$\frac{2,60}{1,80} = \frac{h}{x},$$

de donde

$$x = \sqrt[9]{13} h;$$

es decir, que la profundidad de la fogata ordinaria es igual á $\sqrt[9]{13}$ de la l. m. r. del hornillo ordinario de la misma carga. La tabla núm. 18 da los valores de las líneas de mínima resistencia que corresponden á las car-

gas empleadas en las fogatas. Estas líneas de mínima resistencia se calculan por la fórmula

$$C = 1,454 h^3,$$

lo que equivale á suponer $g = 1,454$ en la fórmula de los hornillos ordinarios; el valor de x , en función de C y h , será, pues, el [5]

$$x = \sqrt[9]{\frac{13}{13}} \sqrt[3]{\frac{C}{1,454}}.$$

Si las fogatas son doblemente recargadas, las profundidades son los $\sqrt[9]{13}$ de la l. m. r. de los hornillos ordinarios cuyas cargas son los $\sqrt[2]{3}$ de las de las fogatas doblemente recargadas.

Para aclarar lo expuesto acerca del cálculo de las cargas, vamos á dar algunos ejemplos.

1.º Determinar la carga y dimensiones de una fogata que debe lanzar 2000 kilogramos y se halla á 100 metros del centro del espacio que debe batir.

La fórmula [4] da

$$C = m \left(2 + \frac{2000 \times 100}{15200} + \sqrt[1]{\frac{13}{13}} \left(2 + \frac{2000 \times 100}{15200} - 0,0055 \times 2000 \right) \right).$$

Suponiendo $m = 1$ » $C = 16,33$ kilogramos.

La cantidad $0,0055 \times 2000 = 11$ kilogramos nos dice que la fogata es doblemente recargada.

La profundidad de la fogata se calcula por medio de la fórmula

$$x = \sqrt[3]{\frac{2000 \times (1,80)^3}{1300 \times 3600}} = 1,36.$$

Las demás dimensiones se calculan por medio de la proporción ya conocida, y así el lado del tablero será

$$\frac{1,36}{1,80} = \frac{x}{1}.$$

de donde

$$x = 0,76.$$

Empleando la tabla se facilitarán las operaciones (1). En efecto, determinada la carga, 11 kilogramos, correspondiente á la fogata ordinaria que contenga el mismo volúmen de piedras, los números que se hallan en la misma columna horizontal que dicha carga nos dan las dimensiones buscadas. Así tendremos:

Profundidad, 1,36; $lK = 4,81$; $ii = 2,84$; $hh = 1,21$; $l = 0,2$; $el = 1,53$.
Lado del tablero = 0,76; $lx = 2,53$; $ao = 1,02$.

El lado de la caja se determinará por la tabla 6.^a, libro I, y será 0,261. También á esta tabla se le aplica la proporcionalidad indicada para la 18. Si el terreno fuere de consistencia máxima

$$m = \frac{17}{20}; \quad C = \frac{17}{20} \times 16,33 = 13,83.$$

Los valores hallados en el caso anterior no variarán, pues la cantidad 0,0055 P es independiente de m ; el lado de la caja de pólvora sería ahora 0,243, más la cantidad obtenida por la proporción

$$1 : 0,63 :: 0,006 : x = 0,04,$$

luego

$$L = 0,247.$$

2.º Supongamos que se trata de lanzar 3500 kilogramos de piedra á 130 metros. La fórmula [4], en la cual siempre se puede suponer m igual á uno, pues este coeficiente sólo afecta á la carga y no á los demás elementos de la fogata, da

$$C = 2 + \frac{3500 \times 1300}{15200} + \frac{1}{3} \left(2 + \frac{3500 \times 1300}{15200} - 0,0055 \times 350 \right) = 26^k, 187.$$

La fórmula $C = 0,0055 \times 3500$ da $C = 19^k, 250$, luego la fogata es doblemente recargada y antes de recurrir á la tabla 18 hay que tomar los $\frac{2}{3}$ de $36^k, 189$, lo que da $24^k, 120$. Para las dimensiones de esta fogata se tomarán las correspondientes á la de 24 kilogramos, que son casi las

(1) Al emplear esta tabla téngase presente que, cuando se opere con números que no se hallen en ella, pero que estén comprendidos entre dos consecutivos, pueden considerarse las diferencias entre los dados y los inmediatamente inferiores proporcionales á las que existen entre los dos de la tabla que comprenden al dado.

mismas. Para hallar el lado de la caja se determina el valor de m y suponiéndole igual á $\frac{23}{20}$ resulta $C = 41^k,606$ y para lado de la caja $0^m,358$.

Al aplicar esta fórmula debe tenerse presente que la práctica no da resultados favorables para fogatas de más de $1^m,80$ de profundidad con carga superior á $38^k,310$ en terreno en que $m = 1$. De aquí se deduce que la fórmula da el medio de conocer la mejor disposición que puede darse á las fogatas; en efecto, supongámonos que se quiere lanzar á una distancia A una carga de piedras B ; si introduciendo estos datos en la fórmula nos resulta para C un valor superior á $38^k,310$, sustituiremos en ella en vez de C $38^k,310$ y en vez de D la cantidad A y calcularemos P , con lo cual obtendremos el mayor peso de piedras que podrá lanzarse á la distancia dada.

El espacio batido por una fogata ordinaria tiene una longitud próximamente igual á los $\frac{2}{3}$ del alcance medio y una anchura igual al dicho alcance á una distancia del tercio, á partir del punto que corresponde al alcance medio; sin embargo, el espacio verdaderamente peligroso tiene una longitud igual á los $\frac{1}{3}$ del alcance citado (en el $\frac{1}{3}$ más próximo á la fogata las piedras caen de poca altura) y una anchura igual á $\frac{1}{4}$.

La explosión destruye las fogatas y si se quiere rehacerlas, para que sirvan de nuevo, hay que formar cuidadosamente el plano de fondo, dándole una inclinación de 45° y cubriéndole de dos capas de tablas de madera de $0^m,05$ de espesor y cruzadas en ángulo recto. Sobre este nuevo plano se coloca la caja que contiene la carga á la misma profundidad que en la primera explosión; esta caja se rodea de tierra bien apisonada. El plano de cabeza y los laterales deben rehacerse con mucho cuidado, sobre todo el primero, que exigirá generalmente un revestimiento de tepes, tablas, zarzos, etc. El revestimiento del plano de cabeza será necesario la primera vez que se emplee la fogata, siempre que el terreno no sea muy consistente, en cuyo caso convendrá también disminuir la inclinación de los planos laterales. Cuando la fogata sirva dos veces, se dará á m el valor $\frac{23}{20}$ en la segunda explosión. No hay ventaja en preparar la fogata para una tercera explosión, pues para hacerlo muy imperfectamente se necesitan por lo menos cuatro horas, y gran parte de

los efectos de proyección quedan perdidos. Si el terreno tiene poca consistencia no pueden funcionar las fogatas más que una vez.

Para construir las fogatas puede emplearse la guía representada en la figura 167 (lám. 14) compuesta de dos reglas ab y ad que pueden girar al rededor del punto a . La pieza cd corre á lo largo de las otras dos y se fija en la posición deseada por medio del tornillo C . En f y e puede suspenderse una plomada y el mango sirve para manejar el instrumento. La regla ab lleva las fracciones que se ven escritas y colocando sobre ellas el tornillo de cd , la ab queda con la inclinación que aquellas marcan. La plomada sirve para indicar la verticalidad de ac , y cuando se quiere que ad marque un talud en desplome, se suspende aquella de e .

Para dar fuego á las fogatas, puede emplearse cualquiera de los medios ya conocidos; si se hace por medio de la salchicha Bickford ó La Rivière, pueden introducirse en una canal que se cubre de tierra y se embrea si ha de pasar mucho tiempo antes de dar fuego á la carga; en este caso también debe embrearse la caja de la pólvora. Si no se quiere cargar la fogata hasta el último momento, podría emplearse la disposición de la figura 168 (lám. 14) y los cartuchos se irían introduciendo por medio del tubo ab . Cuando se emplea la electricidad, se introduce el cebo en el interior de la caja y los conductores se entierran, por cuya razón deben estar cubiertos de una substancia aisladora. El cable de doble conductor es muy á propósito para este caso.

Fogatas en
terraplén.

No siempre puede disponerse de tiempo suficiente para construir una fogata en desmonte; otras veces el terreno no se presta á que alcance la profundidad de 1^m,80 que aquella exige y en estos casos se recurre á las fogatas en terraplén. Estas se disponen como indica la figura 169 (lámina 14) y sus dimensiones son:

$$mk = 4,23, \quad ma' = 0,54, \quad a'a'' = 1,23, \quad a'b' = 1, \quad k'k'' = 2,68, \quad e'e'' = 1,$$

$$lp = 1,50, \quad xy = 0,90, \quad tu = 0,80, \quad y \quad gh = 0,71.$$

Los planos tienen la misma inclinación que en la fogata en desmonte y el trazado se hace como allí se dijo, teniendo en cuenta las dimensiones indicadas. El embudo, en vez de estar formado sólo por la excavación, se halla en parte en el terraplén formado por la prolongación

del plano de cabeza y de los laterales. La altura que se da al tejido de zarzos que forman estos planos es de 1^m,50, y las tierras se extraen de la fogata y de un foso trazado desde el centro de las pólvoras con un radio de 4 metros. La altura de 1^m,50, junto con la profundidad de 1 metro, da para la profundidad total del centro de la carga 2^m,50, mayor por lo tanto que en las fogatas en desmonte, lo que es debido á la menor cohesión que presentan las tierras recientemente terraplenadas. Pueden emplearse 25 hombres para construir una fogata en terraplén, para lo cual, una vez hecho el trazado, 16 se colocan en el sitio donde debe estar el foso y van excavando, y los nueve restantes colocan los zarzos á 0^m,05 del trazado de la fogata y empiezan la excavación de ésta y el terraplén. Cuando el terraplén llega á los dos tercios de los zarzos inferiores, se colocan los tres superiores (uno por cara) con las puntas hácia abajo: los zarzos de las caras laterales se establecen exteriormente á los inferiores y de modo que uno de sus extremos toque al zarzo de cabeza y el otro se apoya en el suelo por su último piquete: el terraplén ocupa, próximamente, los $\frac{3}{4}$ de las caras laterales.

Conviene distribuir las tierras simétricamente al rededor de la fogata, á fin de obtener resultados regulares; 25 hombres emplean tres horas y 12 seis horas. Se necesita para la ejecución una cuerda de 30 á 40 metros, 1 metro, 1 escuadra, 6 zarzos ordinarios (de 0^m,75 de altura), 7 piquetes de 1^m,50 á 1^m,60, 2 de 1^m,16 á 1^m,30, 5 de 0^m,80 á 1 metro, 40 vencejos para unir los zarzos entre sí y á los piquetes de retenida, 3 mazos, 10 picos, 25 palas y 20 azadas.

La disposición de la carga de piedra es la misma que para las fogatas en desmonte. Las cargas se calculan por la fórmula [4], y si se quieren colocar á distintas profundidades, todas las dimensiones se calculan en función de la profundidad por medio de las proporciones ya conocidas.

En vez del revestimiento de zarzos pueden emplearse tablas.

Si se quiere acelerar la construcción de la fogata basta excavar hasta la profundidad suficiente para que el lado superior del tablero quede á flor de tierra; en este caso los planos laterales y de cabeza se revisten de tablas y es preciso dar al foso mayores dimensiones, á fin de procurarse tierras suficientes. El coeficiente m en este caso puede recibir el valor de $\frac{23}{20}$.

Fogatas
rasas.

Estas se emplean generalmente para la defensa de las obras de campaña y de los glásis, caminos cubiertos y brechas de obras permanentes. En general deberán establecerse siempre que se quiera ocultar al enemigo la presencia de estas defensas. La fogata-tipo está representada en la figura 170 (lám. 15).

Como se vé es una fogata en desmonte, en la cual las tierras extraídas no forman parapeto al rededor sino que se esparcen á fin de que no se conozca la existencia de aquella. El eje, en vez de tener una inclinación de 45° , está inclinado á $56^\circ 22'$, con objeto de que las piedras alcancen mayor altura y tengan al caer más fuerza viva, ya que aquí, como la línea de mínima resistencia es menor que en las fogatas en desmonte, los efectos en las tierras son mayores, por lo cual conviene compensar esta pérdida en los efectos de proyección. Las fogatas de esta clase sólo pueden emplearse en terrenos muy consistentes, pues de lo contrario la explosión de la pólvora en el hornillo cuya l. m. r. es menor que la longitud del eje de la fogata, produciría embudo y los efectos de proyección serían muy pequeños. La inclinación de los planos que forman la fogata es:

Plano del tablero $\frac{2}{3}$.

Idem de cabeza $\frac{3}{1}$.

Idem laterales $\frac{6}{1}$.

Idem de fondo $\frac{1}{1}$.

Las dimensiones son las siguientes:

$$a b = 2^m,00 \quad f g = 1^m,58 \quad m d = 0^m,30 \quad d n = 2^m,13 \quad n' n'' = 2^m,10$$

$$m' m'' = 1^m,60 \quad c' c'' = 1^m,00 \quad f' k' = \frac{3}{5} \text{ ó } \frac{2}{3} a b.$$

La carga de pólvora es de $25^k,540$. El trazado y construcción de estas fogatas es igual al de las fogatas ordinarias en desmonte.

Los proyectiles no llenan por completo la fogata, sino que terminan en un plano que parte del punto m y termina á una distancia del f' igual á los $\frac{3}{5}$ ó á los $\frac{2}{3}$ de la profundidad de la fogata; el resto de la excavación se rellena de tierra sin apisonar y conviene, siempre que se pueda, quitar la tierra antes de dar fuego á la fogata. Cuando la fogata no está en punto por donde haya de circularse, puede dejarse sin relle-

nar la excavación, á no ser que quiera ocultarse su existencia al enemigo, para lo cual basta tapar la excavación con un zarzo cubierto con tepes. Nos parece que no habría inconveniente en acabar de rellenar la excavación con piedra no muy apretada, pues de este modo sería mayor el número de proyectiles lanzados. Las piedras deben disponerse de modo que las de más peso se hallen hacia la parte superior, á fin de contrarrestar la tendencia del tablero á girar al rededor de su arista inferior. Laimé propone dejar un vacío entre la caja de la pólvora y el tablero, á fin de aumentar la l. m. r.; pero se ha observado que los efectos de proyección disminuyen análogamente á lo que sucede en las armas de fuego, dejando un espacio vacío entre el proyectil y la carga; aquel tiene menos alcance, pero en cambio los efectos de ruptura aumentan hasta el punto de que el arma puede estallar.

Estos resultados se comprenden si se tiene en cuenta que esta disposición equivale á emplear pólvoras más vivas. No conviene, por tanto, emplear este procedimiento. El máximo alcance de esta clase de fogatas suele ser de 50 metros; cuatro hombres la ejecutan en ocho horas y necesitan una cuerda de trazar, un metro, una escuadra, un mazo, nueve piquetes, cuatro palas y cuatro picos. Esta clase de fogatas lanza tierras hacia su parte posterior, y si el terreno no tiene consistencia suficiente, lanza también algún proyectil. Pueden construirse otras de menor profundidad, y dada ésta, las demás dimensiones se calculan por medio de la proporcionalidad que ya conocemos.

La cargas pueden calcularse por medio de la fórmula

$$C = 1 + 10 V,$$

en la que V representa el volúmen de piedras. Esta fórmula tiene los inconvenientes que ya hemos dado á conocer.

Pueden también calcularse las cargas, valiéndose de la tabla 18.

En efecto, la profundidad de 2 metros es precisamente los $\frac{13}{10}$ de la l. m. r. del hornillo ordinario de carga igual. Dada, pues, la profundidad á que la fogata debe colocarse, se multiplica esta profundidad por $\frac{13}{10}$ y se busca la carga que corresponde á la l. m. r. hallada. Sea, por ejemplo, determinar la carga correspondiente á una fogata rasa de 1^m,63 de profundidad: $1,63 \times \frac{13}{10} = 2,10$; la carga de la fogata será, pues, de 13^k,950;

Fogatas de
fuegos ra-
santes.

Se establecen al pie de la contraescarpa y sirven para el flanqueo de los fosos. El eje de estas fogatas (fig. 171, lám. 15) tiene $21^{\circ} 46'$ de inclinación, lo que nos parece más práctico que dejarlo comprendido entre 20° y 25° como se hacía anteriormente. El plano de fondo, perpendicular al eje de tiro, tiene una inclinación de $\frac{3}{2}$ y no es conveniente adoptar inclinaciones mayores, á fin de evitar que algunas piedras vayan á parar al interior de la obra; con el mismo objeto, el plano de tiro forma con la escarpa un ángulo de $9^{\circ} 31' 16''$ ($\text{tang.} = \frac{1}{6}$). La cara lateral opuesta al ángulo entrante tiene una inclinación de $\frac{6}{1}$ y se prolonga por medio de un terraplén de altura igual, por lo menos, á la de la carga de piedras; este macizo revestido de tepes termina en un talud de $\frac{1}{3}$ de inclinación. La otra cara lateral tiene una inclinación de $\frac{3}{1}$; la del plano de cabeza es de $\frac{2}{1}$ y la del plano del fondo de $\frac{1}{3}$. Si no hubiera bastante tierra para formar el macizo indicado en la figura, puede extraerse del fondo del foso. En su construcción sólo pueden emplearse cuatro hombres; dos para la excavación y dos para formar el terraplén de la cara lateral; emplean nueve horas.

El fuego se da por medio de la salchicha ó de la electricidad desde la gola de las obras. La carga de piedras es de 3 metros cúbicos y se dispone formando un cilindro cuyo eje horizontal pase por el centro de la carga y su sección recta tenga $1^{\text{m}},50$ de radio. La carga de piedras se calcula por medio de la fórmula

$$C = 1 + 6,66 V.$$

También puede calcularse haciendo la carga de pólvora proporcional á la de piedra, para lo cual se partirá del dato de que á 3 metros cúbicos de piedra corresponden $21^{\text{k}},283$ de pólvora. El espesor del tablero se calcula por la fórmula que ya conocemos. Para trazar la fogata, se empieza por hallar la traza horizontal del plano de tiro y se determinan así los puntos $a'b'$ que sirven de punto de partida para hallar los demás.

Estas fogatas tienen varios inconvenientes: 1.º, pueden caer piedras en el interior de la obra que deben flanquear, lo cual obligará á los defensores á bajar de la banqueta precisamente cuando conviene más que se hallen en ella; 2.º, el macizo de tierra que forma la cara lateral exte-

rior puede facilitar la bajada al foso, y lo estrecha, pudiendo suceder que después de la voladura quede en forma de rampa. Cuando los fosos tienen menos de 3 metros de anchura y 5 de profundidad no conviene el empleo de esta clase de defensas accesorias; ahora bien, en las obras de campaña raras veces los fosos alcanzarán estas dimensiones y en las provisionales y permanentes hay otros medios mejores para obtener un buen flanqueo, por cuya razón las fogatas de fuegos rasantes apenas se emplean en la actualidad.

En vez de dar á las fogatas estudiadas la forma que hemos dado á conocer, puede emplearse la fogata prusiana, que no es más que un ramal á la holandesa de 1^m,60 de longitud y cuyo eje tiene 45° de inclinación; dos hombres en tres horas hacen una fogata de esta clase. Como se ve su ejecución es más rápida que la de las fogatas ordinarias, pero tiene el inconveniente de diseminar menos los proyectiles que quedan más agrupados en las inmediaciones del campo de tiro. Este inconveniente puede convertirse en ventaja en las fogatas de fuegos rasantes y además la construcción prusiana no exige el macizo de tierras de que hemos hablado, por cuyas razones nos parece aplicable con ventaja al caso de dichas fogatas. Las fogatas prusianas parecen tener menor alcance que las ordinarias, lo que sin duda es debido al rozamiento de los proyectiles contra las caras del ramal.

La ejecución de las fogatas tal y como acabamos de indicar, tiene el inconveniente de exigir mucho tiempo y soldados instruidos, lo que puede hacerlas inaplicables en ciertos casos. El ingeniero belga Piron ha remediado estos inconvenientes dando á las fogatas la disposición indicada en la figura 172 (lám. 15), en forma de prisma triangular cuyas bases proyectadas en *abc* pueden ser verticales, pero generalmente se les da una pequeña inclinación, tanto para que puedan sostenerse, como para evitar que los proyectiles rocen contra ellas al ser despedidos. La profundidad de la fogata se calcula como sigue: según experiencias hechas

por Piron, el máximo valor de $n = \frac{r}{h}$ en los hornillos recargados es igual á 14, y esto se verifica cuando la línea de m. r. es igual á la mitad del lado de la caja; sea *L* este lado. Supongamos que la cara *ab*, bajo la cual se coloca la carga, sea la superficie libre del terreno, y por tanto la

Fogatas
rápidas.

que contenga la base del embudo; el radio r de dicha base será por tanto $r = 14 \times \frac{1}{2} L = 7 L$ y el diámetro $14 L$, y como el tablero debe cubrir por completo dicho embudo, su lado será también $14 L$; la longitud del plano ab ha de ser lo suficiente para contener el tablero, y si suponemos el eje de la fogata á 45° , el triángulo abc' será rectángulo isósceles y por tanto $\overline{bc'}^2 = (14 L)^2$, de donde

$$bc' = L \sqrt{\frac{196}{2}} = 10 L,$$

profundidad buscada; esta profundidad puede disminuir algún tanto, teniendo en cuenta que basta con que la diagonal del tablero tenga la magnitud $14 L$, en cuyo caso el lado es igual á $10 L$ y la profundidad igual á $7 L$ próximamente. La tabla núm. 22 da la profundidad y el lado del tablero en función del lado de la caja de pólvora. El trazado y construcción de esta fogata son como se ve muy sencillos. Si el terreno presentara un escarpado, todavía se construiría la fogata con mayor rapidez, pues bastaría (fig. 173, lám. 15) continuar hasta una pequeña profundidad el talud de aquel. No hay necesidad de introducir el tablero en la tierra y basta colocarlo encima de ella; en todos los casos debe marcarse bien el centro del espacio ocupado por el tablero para enterrar la caja. En estas fogatas pueden emplearse ladrillos ó piedras, y cuando la carga está formada por proyectiles irregulares, se sostiene por medio de muretes. Siempre debe disponerse la carga de modo que quede simétrica con relación á la línea de tiro.

Una fogata con 5 kilogramos de pólvora puede construirla un hombre en una hora, y en un talud quince minutos bastan para establecer una fogata capaz de lanzar 150 ladrillos á 75 metros. Piron prefiere para sus fogatas el empleo de ladrillos ó materiales regulares, cuando no se quiere mucha dispersión en los proyectiles.

Para el cálculo de estas fogatas sirve la fórmula [7]

$$C = \frac{P \times m}{10.000 \operatorname{sen} 2 \alpha} \quad [7]$$

en que C representa la carga de pólvora, P el peso de las piedras; m es un coeficiente que depende de la resistencia del terreno y α el ángulo de proyección; por lo común $\alpha = 45^\circ$ y entonces

$$C = \frac{P \times m}{10.000} \quad [8]$$

En la práctica pueden admitirse las siguientes cargas:

$$\text{Para lanzar una carga } P \text{ de piedras á una distancia media de...} \left\{ \begin{array}{l} 50 \text{ metros } C = \frac{P}{150} \\ 100 \quad \text{»} \quad C = \frac{P}{100} \\ 150 \quad \text{»} \quad C = \frac{P}{50} \end{array} \right.$$

La tabla núm. 23 da las cargas que corresponden á distintas distancias y pesos de piedra.

Estas fogatas tienen la ventaja de que se construyen con gran rapidez y sobre todo con mucha mayor facilidad, de modo que conviene ejercitar en ellas á los soldados de infantería. En cambio exigen tableros muy grandes, como puede verse en la tabla 22, y este inconveniente compensa en parte la ventaja indicada. También tienen, en nuestro concepto, otra ventaja las fogatas ordinarias sobre las rápidas, y es que son menos peligrosas para las tropas que las emplean, pues dirigen mejor los proyectiles.

Cuando en vez de una carga de piedras las fogatas lanzan un proyectil, bomba, barril, etc., se llaman minas de proyección. Según experiencias hechas en Guadalajara en 1857, la fórmula que sirve para determinar la carga necesaria para lanzar un barril de peso P , incluso el del tablero á la distancia D , es la [9]

$$[9] \quad C = \frac{D P}{7200} \left(1 - \frac{P}{20000} \right).$$

Es preciso que el barril esté bien lleno y colocado de modo que el centro se halle en el eje de la fogata, y á fin de que quede mejor colocado se le acuña contra el plano de fondo de la fogata. Las experiencias llevadas á cabo en la Escuela práctica de 1880, no confirmaron la fórmula [9], y en nuestro concepto, esto es debido á que en dicha fórmula no se tuvo en cuenta el terreno, lo que quizá pudiera realizarse introduciendo en ella el coeficiente de la fórmula [4]. Las fogatas barrileras

pueden también disponerse como indica la figura 174 (lám. 15), es decir, siguiendo el procedimiento de las fogatas rápidas.

Para determinar la carga en las minas de proyección puede también emplearse la fórmula [8], pero en la práctica se modifica como sigue:

Para lanzar un proyectil de peso P á una distancia de 300 metros.	$C = \frac{P}{30}$
Para » » » » de 400 »	$C = \frac{P}{25}$
Para » » » » de 500 »	$C = \frac{P}{20}$
Para » » » » de 700 »	$C = \frac{P}{15}$
Para » » » » de 900 »	$C = \frac{P}{10}$

La tabla núm. 22^{bis} da los valores de las cargas para las minas de proyección establecidas según el sistema del capitán Piron.

Una de las aplicaciones de las minas de proyección es el empleo de las bombas cautivas. Estas consisten (fig. 175, lám. 15) en una bomba que se coloca sobre el tablero, y unida á una cuerda cuyo extremo se sujeta á un tirabuzón (fig. 175^{bis}, lám. 15) introducido en el suelo; la misma figura indica la anilla que sirve para unir la cuerda á la bomba. Experiencias hechas en Metz y en Amberes han demostrado que podía darse de este modo gran precisión al tiro de la bomba. La carga se calcula como en las demás minas de proyección; la longitud de la cuerda se calcula por la fórmula $L = 0,75 p$, en la que p representa el semiparámetro de la parábola descrita por la bomba libre. La sección de la cuerda por la fórmula $A = \frac{1}{2} P$, y el diámetro por la $D = \sqrt{P}$; P es el peso de la bomba en kilogramos y A y D resultan en milímetros; el eje de la mina proyectante está á 45°. No sabemos que se hayan empleado en campaña esta clase de minas ni vemos su necesidad, porque nos parece de mayor efecto una fogata ordinaria.

Se han hecho experiencias para aplicar á las fogatas las pólvoras rompedoras. En ellas se empleó el algodón-pólvora en forma de discos, de 27 milímetros de altura, con un taladro de 20 milímetros en su eje para el cebo, y se partió del principio de que no debía ponerse la pól-

vora en contacto con el tablero, á fin de que éste no quedase triturado. Con este objeto se colocó la carga como indican las figuras 176, 177 y 178 (lám. 16), quedando una capa de aire cuya elasticidad amortiguaba el efecto del choque. La primera fogata se cargó con 0,5 kilogramos de pólvora y 0^m3,2 de piedra y se obtuvo una columna de piedra que alcanzó á 7 metros de altura, cubriendo al caer un círculo de 19 pasos (14 metros) de diámetro; el tablero resultó intacto, pudiendo servir para la fogata de la figura 177; este tablero lo constituía un mantelete de zapa. En la fogata de la figura 177 se emplearon 1 kilogramo de dinamita y 0^m3,2 de piedra; el alcance de la fogata fué de 80 metros; el tablero quedó casi intacto y en el suelo donde descansaba la carga se formó un embudo. En la fogata de la figura 178 se empleó una carga de 2,71 kilogramos, se cubrió con tablonés la boca de la cámara que contenía la carga y el pozo se llenó con tierras que de 30 en 30 centímetros se iban apisonando; el resultado de la explosión fué una columna de tierras de 4 metros de altura y un embudo de 2^m,9 á 3^m,1 de diámetro. Estas experiencias demuestran que la pólvora rompedora puede emplearse en las fogatas, siempre que la carga esté completamente aislada ó diste del tablero 0^m,25 á 0^m,30 por lo menos, pero la dificultad consiste en determinar las cargas que deberán emplearse. Como la pólvora ordinaria se encontrará en campaña en mayor abundancia, y sus efectos no son inferiores en este caso á los de las pólvoras rompedoras, creemos que no hay necesidad de recurrir á su empleo en las fogatas, siendo preferible reservarlas para otros casos en que se aprovecha mejor su fuerza; además, aun cuando empleando pólvoras vivas se necesita menor volumen, no por eso disminuye el trabajo de abrir la cámara, dada la necesidad de que la carga no se halle en contacto con el tablero ni con las paredes, á fin de que parte de la fuerza desarrollada por aquella no se gaste en producir embudo.

En campaña pueden emplearse, además de las fogatas, las máquinas ^{Máquinas} infernales, que consisten en una caja cargada de pólvora que se inflama por un medio cualquiera. _{infernales.}

El P. Amyot asegura, que Koning-Ming, guerrero chino, hizo emplear esferas de hierro enterradas y llenas de pólvora y metralla que estallaban al pasar los enemigos por encima de ellas, hecho que, en nuestro

concepto, puede calificarse de fabuloso. A pesar de que algunos autores hablan también de bombas de bronce, vidrio y piedras empleadas en los siglos xv y xvi, parece natural creer que, hasta después de mediados de dicho siglo no empezaron á usarse las verdaderas máquinas infernales, siendo la primera de ellas la que empleó Giannibelli en Amberes. En el sitio de Candía se emplearon cajas enterradas á 6 ó 7 pies de profundidad, y Belidor aconseja formar líneas de cajas así dispuestas. Bousmard aconseja también colocar cajas de esta especie en el fondo de pozos, que luego deben rellenarse de tierra ó piedras; y en el sitio de Sebastopol, los rusos establecieron varias líneas de pozos de esta naturaleza llenos de cantos, que se proyectaban por medio de barriles de pólvora colocados á 1^m,50 de profundidad. Durante la guerra de los Estados Unidos, los confederados emplearon con mucha profusión las máquinas infernales, y para que las tropas amigas no fueran víctimas de ellas, marcaban su situación con banderolas encarnadas; y era tal el efecto moral que producían, que en algunos casos la existencia de estas últimas, con objeto de hacer creer la de las primeras, bastó para detener las columnas de ataque. En las líneas Warwivck, en Richmond, en Charleston, en el fuerte Wagner había defensas accesorias de esta clase. En Virginia dispusieron los confederados multitud de torpedos y algunas veces colocaban sobre ellos planchas de madera que convidaban á sentarse, y si esto se realizaba, el peso del hombre bastaba para hacerlos estallar. Para que estas máquinas den buen resultado, se necesita emplear un procedimiento especial de inflamación; desde luego se comprende que la salchicha ordinaria no conviene para este caso, pues no siempre se podría dar fuego oportunamente. La inflamación puede ser automática, á voluntad ó por medio de un sistema mixto.

La figura 168 (lám. 14), indica un procedimiento automático: el peso de un hombre colocado sobre el tablero hace que éste se levante, arrastrando consigo una cuerda que obliga á un martillo á caer sobre un fulminante. Estos procedimientos son muy inseguros, y sobre todo puede suceder que las minas no se inflamen cuando se desee: para lograrlo puede emplearse la electricidad, con cuyo objeto se introduce en la carga un cebo, del cual parten dos conductores y éstos van á parar á un interruptor que el encargado de dar fuego á las minas cierra en el momento

oportuno. Puede también emplearse un sistema mixto (figuras 179 y 180, lámina 16); *a* es el cebo, *A B C* tres hilos que comunican con una pila; una presión sobre las piezas á que van á parar los hilos *C*, basta para cerrar el circuito y producir la explosión, que también puede lograrse cerrando el circuito formado por los hilos *A* y *B*. Estas máquinas infernales pueden aplicarse á la destrucción de vías férreas en el momento del paso de los trenes. En la figura 181 (lám. 16), al pasar la locomotora por el extremo del carril que queda en falso, introduce el tirafrictor unido á él y esto da lugar á la inflamación del fulminato; en la figura 182 (lám. 16) la llanta de la rueda establece la comunicación eléctrica entre los dos carriles contiguos á que van á parar los hilos eléctricos; en la junta de los carriles se interpone una lámina de cautchouc, á fin de que queden bien aislados. En la figura 183 (lám. 16) el paso de las ruedas pone en contacto los resortes y produce la explosión. Modernamente el teniente húngaro, Zubowitz, ha ideado un sistema de máquinas infernales, cuyos detalles no conocemos, pues el invento permanece secreto y únicamente lo conocen los gobiernos á quienes se ha concedido el privilegio de usarlo. En estas máquinas hay dos recipientes distintos, uno que lleva la carga y otro el mecanismo que produce la explosión. Estos recipientes están separados entre sí, lo que permite manejarlos sin temor á explosiones prematuras: el uno constituye, por decirlo así, el fulminato; el otro la pólvora. Esta disposición tiene la ventaja de que permite manejar los aparatos con mucha seguridad. La inflamación de estas máquinas infernales puede lograrse por los procedimientos ya indicados; unas veces se obtiene por la presión ejercida al pisar la máquina; otras por medio de un tirafrictor unido á un sistema de alambres que al coger el recipiente que lo contiene y tirar de él da lugar á la explosión; otras veces el mecanismo destinado á dar fuego es un aparato de relojería, que, al cabo de cierto tiempo, obra sobre un percutor é inflama el fulminante.

Finalmente, algunas veces se da fuego desde lejos; en este caso, desde el recipiente que sirve para dar fuego al sitio en que se halla el minador que debe provocar la explosión, va un alambre por medio del cual se pone aquel en actividad. En estas máquinas infernales la electricidad no interviene para nada, lo cual facilita considerablemente la instalación.

Aunque, como ya hemos dicho, el procedimiento empleado por el autor es un secreto, no creemos difícil que puedan idearse otros para lograr el mismo resultado; uno de ellos podría ser, por ejemplo, el siguiente: en una caja *D* colocar un percutor *a* empujado por un resorte en hélice; frente al percutor, en *b*, podría colocarse una cápsula con fulminato de mercurio, unido á un tubo lleno de polvorín, que comunicara con el recipiente *B* que contiene la carga; un pasador *c* que atravesase la caja *A* y un ojo hecho en el percutor impide que éste obedezca á la acción del resorte; el pasador puede unirse á un alambre, y tirando de él, el percutor quedará en libertad é inflamará el fulminato; con objeto de que una tracción involuntaria sobre el alambre no produzca la explosión, puede colocarse en *d* una clavija de seguridad, que se quita unos momentos antes de dar fuego.

Las experiencias hechas en Suecia han demostrado que la colocación de los aparatos Zubowitz á 4 ó 5 metros debajo de la superficie del terreno se hacía con gran facilidad; 60 hombres instalaron en quince minutos 120 torpedos, que defendían una superficie de 1 kilómetro cuadrado.

Algunos de estos torpedos tienen cargas de 2 kilogramos de dinamita ó gelatina, y un mulo puede transportar á lomo 24.

Fácil es comprender las grandes aplicaciones que estas máquinas infernales pueden tener en campaña, ya sea para defender el acceso á los atrincheramientos, ya para guardar un desfiladero ó destruir un camino. Como no exigen tanto cuidado ni tantos conocimientos como las minas inflamadas por la electricidad, puede instalarlas y manejarlas cualquier soldado y por tanto la infantería podrá aplicarlas sin dificultad.

El gobierno sueco tiene, según parece, la intención de que estos aparatos formen parte del material de campaña y creemos que esta idea merece tomarse en cuenta. Al establecer estos aparatos deben enterrarse para que la artillería no los destruya y lo mismo debe hacerse con respecto á los alambres que se empleen para inflamarlos, á fin de evitar explosiones inoportunas.

Excusado es indicar las grandes aplicaciones que en campaña pueden hacerse de las fogatas y máquinas infernales, defensas accesorias á que no se ha dado aún la importancia que merecen y cuyo efecto es á la vez moral y material, aumentándose considerablemente el primero si el enemigo no se ha apercibido de su existencia, por cuya razón conviene

ocultarlas. Una línea de fogatas oportunamente disparadas, bastará para rechazar el asalto á una posición. En la defensa de los desfiladeros y de las poblaciones pueden emplearse con muy buen éxito, á fin de cerrar las avenidas; las fogatas barrileras pueden también servir, si se carece de artillería, y se pueden construir sin que el enemigo se aperciba, para mandar proyectiles al interior de una obra de fortificación ó contra poblaciones defendidas por fuerzas irregulares; rellenos los barriles de dinamita y provistos de una espoleta de tiempo ó de una mecha convenientemente graduada, no dejarán de producir efecto. El empleo de la electricidad facilita considerablemente el uso de estas defensas, pues por medio de ellas puede darse fuego á las cargas en el momento oportuno y desde el interior de la posición, pudiendo lograr que las explosiones sean simultáneas. Cuando se emplee la electricidad conviene tener numerados los hilos que correspondan á cada fogata ó máquina infernal, á fin de dar fuego á cada una en el momento conveniente. Las tropas de infantería deberían ejercitarse en la construcción de fogatas y en particular de las rápidas, y los oficiales en conocer el modo de cargarlas y darlas fuego, pues no siempre puede contarse con tropas de ingenieros para la defensa de una obra. La voladura de varias fogatas en las Escuelas prácticas, nos ha convencido de que su uso no debe abandonarse en la guerra.

El que ataque una posición defendida por estos medios accesorios, deberá empezar por cerciorarse de su existencia y procurar desenterrar las cargas, lo que no deja de ser peligroso, tanto porque las minas pueden estallar como por la proximidad á la posición, desde la cual se hará á los que traten de destruirlas un vivo fuego de fusilería. Como, en general, las minas se inflamarán por medio de la electricidad, lo mejor será hacer detrás del punto en que se encuentren y paralelamente á la línea que ocupen una trinchera, á fin de descubrir los alambres y cortarlos; esto es muy difícil y sólo podrá lograrse protegiendo á los trabajadores por medio de tiradores que llamen sobre sí la atención del enemigo; también se podrá probar si es posible llevar á cabo esta operación durante la noche, pero es fácil que no se obtenga resultado.

FIN.

ÍNDICE.

Páginas

LIBRO I.

Determinación de fórmulas para el cálculo de las cargas.

CAPÍTULO PRIMERO.—Preliminares.—Efectos producidos por la explosión de la pólvora.—Teoría de Valliere.—Idem de Belidor.—Idem de Lebrun..	7
CAPÍTULO SEGUNDO.—Teoría de Dambrun.—Comparación con la de Lebrun.—Consecuencias..	25
CAPÍTULO TERCERO.—Efectos interiores debidos á la explosión de los hornillos de mina.—Atraques..	39

LIBRO II.

Agentes explosivos.

CAPÍTULO PRIMERO.—Ideas generales acerca de los efectos de la explosión de la pólvora.—Pólvoras rompedoras, vivas y lentas; caracteres que las distinguen.—Composición de las pólvoras.—Productos de la explosión.—Calor desarrollado.—Volúmen de los gases.—Temperatura.—Presión: idem específica y máxima.—Empleo de los manómetros..	63
CAPÍTULO SEGUNDO.—Causa inicial de la explosión.—Sensibilidad de las pólvoras.—Velocidad de inflamación.—Distintas clases de explosiones.—Onda explosiva.—Explosiones por influencia.—Causas que contribuyen á que se extiendan á mayor ó menor distancia.—Hipótesis de Mr. Abel..	85

LIBRO III.

Inflamación de las cargas.

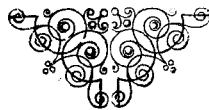
CAPÍTULO PRIMERO.—Inflamación de hornillos de mina por procedimientos pirotécnicos.—Salchichas.—Cohete porta-fuegos.—Cápsulas de fulminato de mercurio.—Espoletas de tiempo..	161
CAPÍTULO SEGUNDO.—Inflamación de los hornillos de mina por medio de la electricidad.—Pilas.—Máquinas dinamo-eléctricas.—Explosores..	169
CAPÍTULO TERCERO.—Conductores; metales que pueden emplearse; conductores revestidos; empalmes.—Cebos termo-eléctricos; fabricación.—Cebos Breguet, inglés, prusiano.—Aparato de prueba; su empleo.—Resistencia y sensibilidad de estos cebos.—Cebos foto-eléctricos; fabricación.—Cebos Stateham, Beardslee, belga, ruso, Abel Mowbray, Canfield,	

alemán.—Cebos mixtos.—Sensibilidad y conductibilidad de los cebos foto-eléctricos.	185
CAPÍTULO CUARTO.—Explosiones simultáneas.—Circuito único, derivados, sucesivos.—Aparato Striedinger.—Empleo de la salchicha.—Aplicación de las fórmulas de Ohm; problemas que por medio de ellas pueden resolverse.—Discusión para determinar los generadores aplicables á la inflamación de hornillos; primer caso, hornillos permanentes; segundo, minas de campaña.	209

LIBRO IV.

Empleo de los agentes explosivos.

CAPÍTULO PRIMERO.—Brechas: condiciones que deben reunir; reglas para su ejecución en los distintos casos que pueden presentarse.—Demoliciones; muros aislados, de revestimiento, edificios, puentes, cisternas, galerías, túneles, pozos, estacadas, frisas, puertas, barreras.—Destrucción de caminos.—Barrenos.	229
CAPÍTULO SEGUNDO.—Empleo de la dinamita.—Barrenos.—Destrucción de hielos.—Hornillos de mina.—Roturación de tierras.—Tala de árboles.—Destrucción de pilotes, estacadas, frisas y palanqueras.—Destrucción de piezas de madera.—Destrucción de piezas metálicas.—Destrucción de mamposterías.	257
CAPÍTULO TERCERO.—Fogatas de bombas, pedreras, en desmonte y terraplén, rasas y de fuegos rasantes; fogatas rápidas, idem barrileras, minas de proyección, máquinas infernales, torpedos Zubowitz.—Consideraciones generales acerca del empleo de las minas en campaña.	309



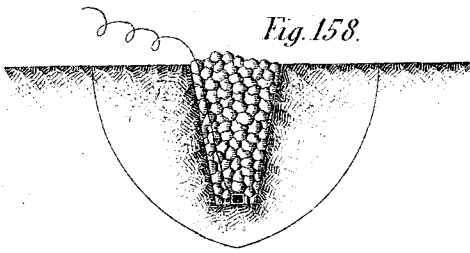


Fig. 158.

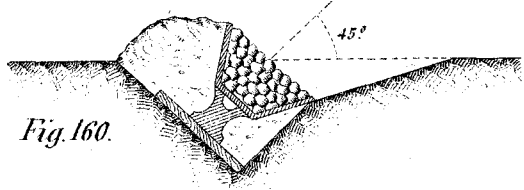


Fig. 160.

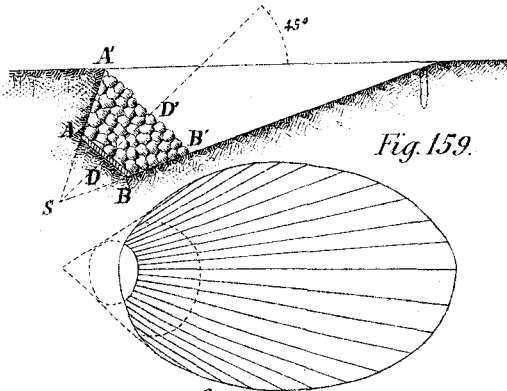


Fig. 159.

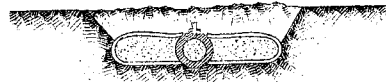


Fig. 161.

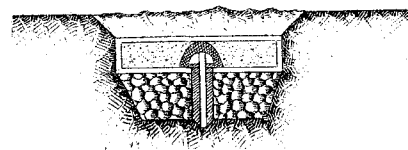


Fig. 162.

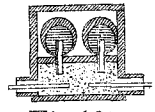


Fig. 163.

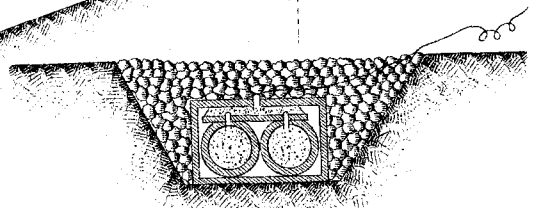
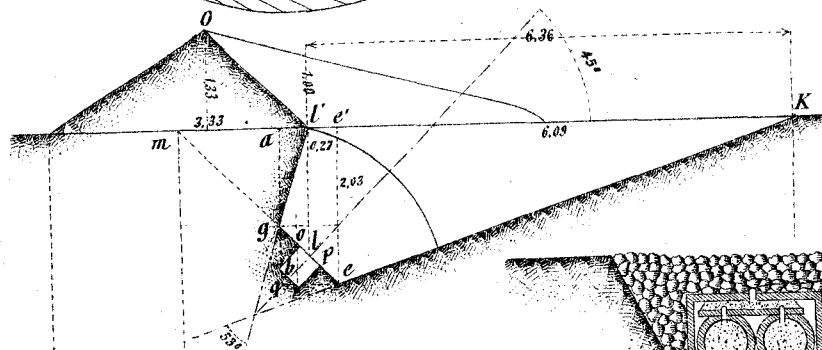


Fig. 164.

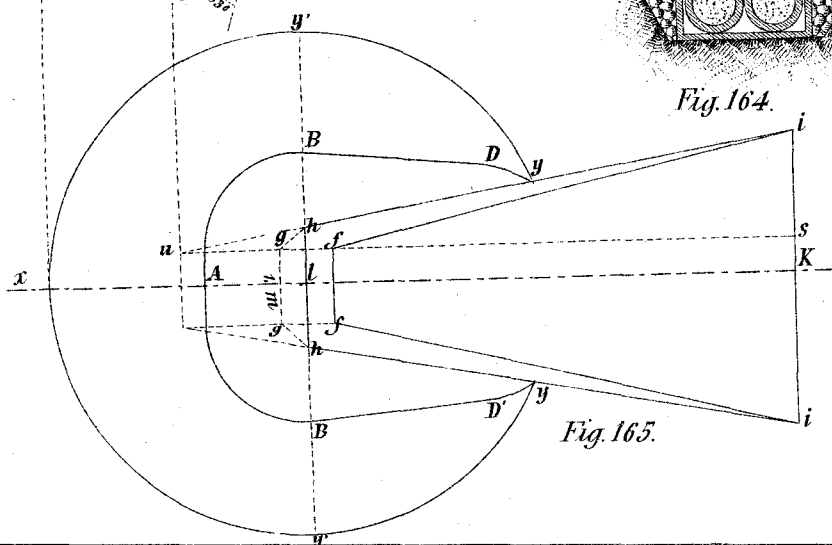
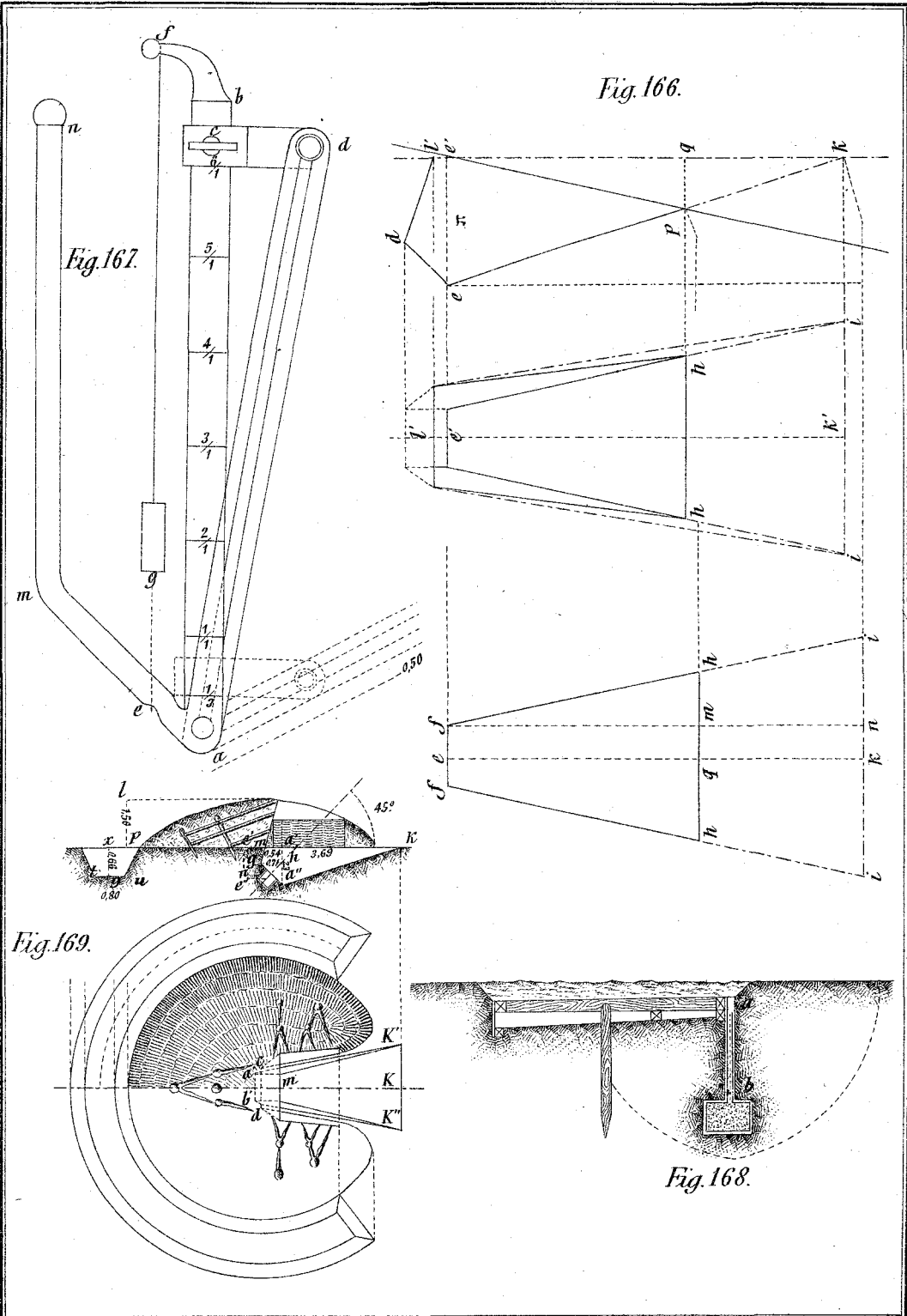
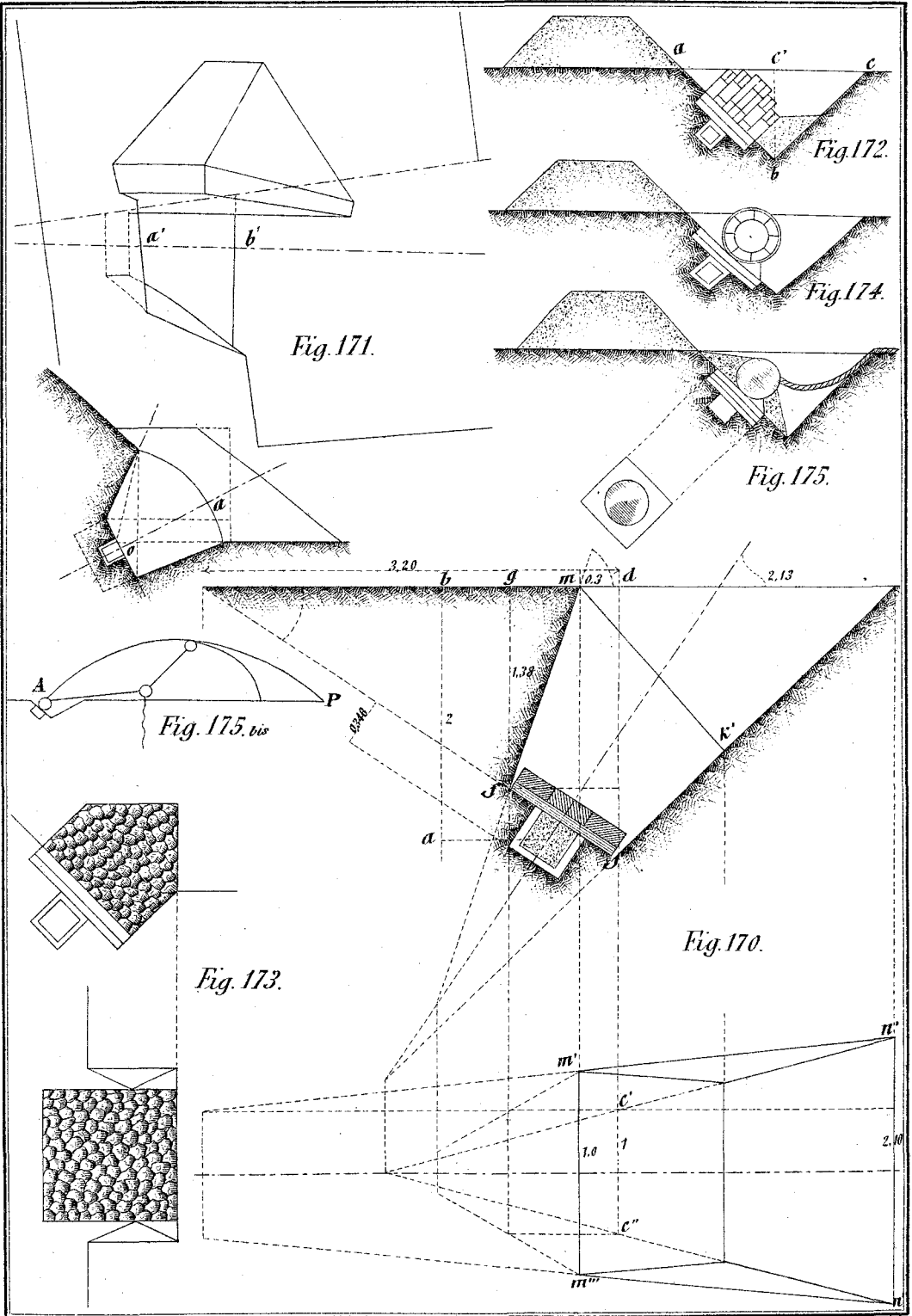
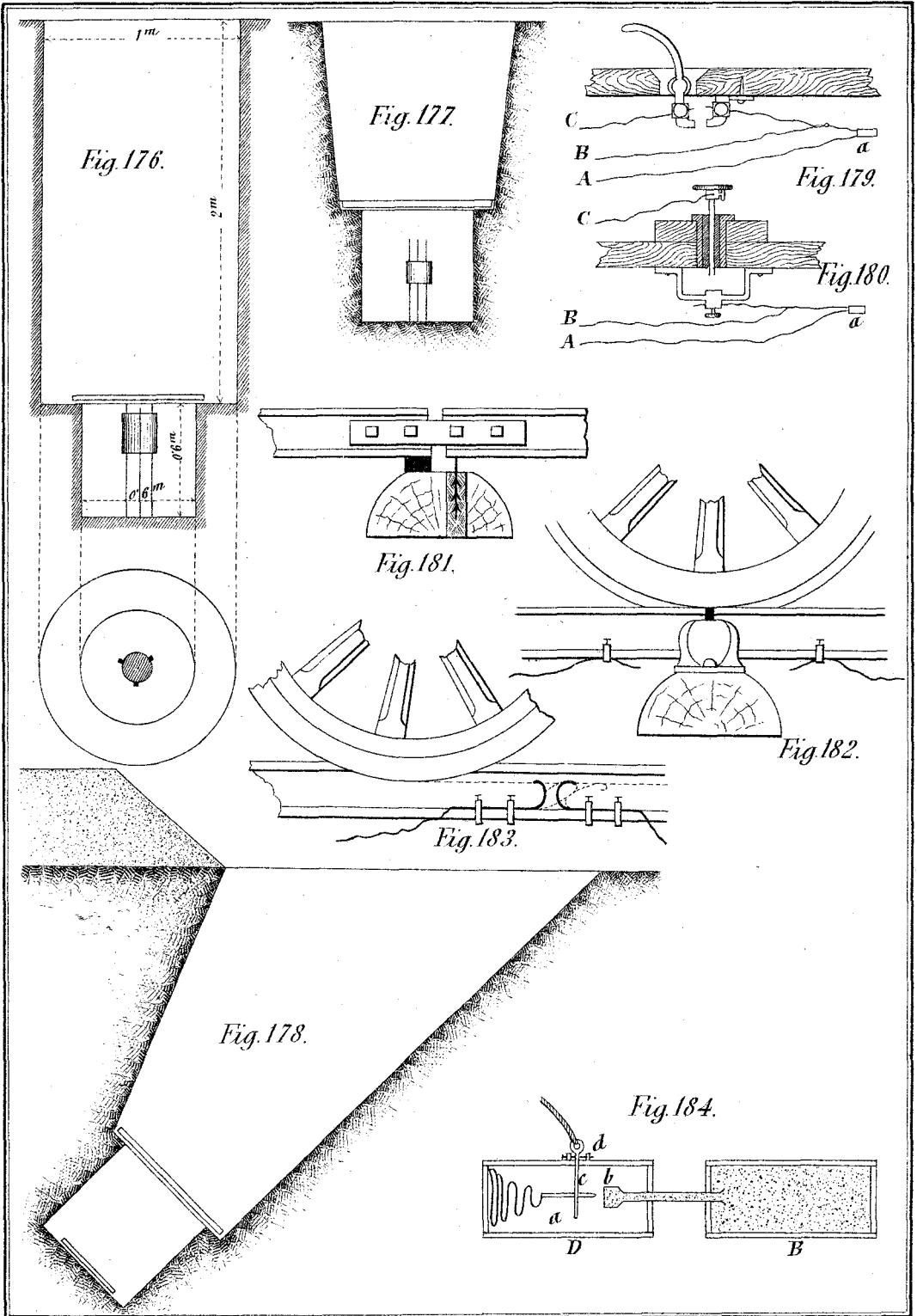


Fig. 165.



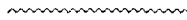




MANUAL

DE

COLOMBICULTURA Y TELEGRAFÍA ALADA.



MANUAL
DE
COLOMBICULTURA

TELEGRAFÍA ALADA

POR EL CAPITÁN DE INGENIEROS

D. LORENZO DE LA TEJERA Y MAGNIN,

Socio de mérito de LA COLOMBÓFILA de Cataluña
y de LA PALOMA MENSAJERA de Valencia.

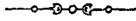


MADRID.
IMPRENTA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS

—
1893.

PRIMERA PARTE.

INSTALACIÓN Y FORMACIÓN DEL PALOMAR.



DE LAS PALOMAS.

I.

CARACTERES GENERALES



Las palomas son animales débiles, tímidos y cobardes; no tienen medio alguno de defensa; sus costumbres son dulces y familiares; son monógamas, y el par se conserva, salvo raras excepciones, unido, y tanto el macho como la hembra contribuyen á formar su nido y á alimentar y criar á sus pichones.

Los caracteres que debe tener una buena mensajera, son: la cabeza y las patas cortas, el pecho ancho, el esternón desarrollado, haciendo presumir que los pectorales son anchos y fuertes; las alas, cuanto más largas, mejor; la cola estrecha, sus formas generales redondeadas y el plumaje liso y unido; son también bastante apreciados algunos otros caracteres, tales como la cabeza convexa, la presencia de carnosidades en el pico, el filete que rodea á los ojos, delgado y blanco, mejor que rojo, y otros que no tienen tanta importancia; son igualmente señal de sus buenas condiciones el que, al abrirlas las alas con las manos, las cierran con fuerza en el momento en que se las suelte, y que sus movimientos sean rápidos y vivos.

Los colores son, aunque variados, no tanto como en las razas ordinarias, en las cuales los aficionados dan una gran importancia, no sólo al de cada animal, sino que ponen gran cuidado en que los dos del par sean lo más iguales posible, en contra de lo que ocurre con las mensajeras, que en vez de colores agradables y de matiz determinado, se busca gran instinto y vigor. Lo más común es que no sean de color uniforme;

un fondo azulado más ó ménos obscuro, con manchas ó fajas más oscuras, sobre todo en las alas; el castaño, también claro ú obscuro, con manchas ó fajas oscuras del mismo color, y el blanco con manchas de otros distintos, son los colores más frecuentes.

No parece que el color tenga ninguna influencia en la rapidez y duración del vuelo, ni en el instinto de la paloma; pero algunos aficionados prefieren colores determinados, siendo el blanco, tan frecuente en las grandes aves de paso, el que tiene algunos partidarios decididos; las razones que dan para ello, son:

1.^a Que siendo más visible en la obscuridad, es más fácil verlas cuando, entrada la noche, no entran en el palomar y se posan en sus inmediaciones.

2.^a Durante las tempestades se ven mejor unas á otras y les es más fácil conservar su unión durante los viajes.

3.^a Son más fáciles de leer las marcas y señales que se las ponga en las plumas.

4.^a Siendo el color que ménos absorbe los rayos del sol, sienten el calor ménos que las de colores más oscuros, y se conservan mejor los despachos que conducen, si son susceptibles de fácil descomposición.

En contra de estas ventajas tienen algunos inconvenientes, debidos á lo más visibles que son, pues atraen más á las aves de rapiña y pueden servir mejor de blanco á los cazadores.

Es muy raro que se encuentre el color blanco, pudiendo asegurar por nuestra parte que en buen número de palomas, de distintos palomares, no hemos visto ninguna blanca completamente, aunque sí de este color con manchas de otro cualquiera.

Una variedad de colores hay que tiene en parte las mismas ventajas anteriores: son las llamadas de vuelo blanco, con las remeras y plumas de la cola blancas, apareciendo, por consiguiente, de este color mientras vuelan, aunque el del resto del plumaje sea otro.

Aunque el color no tenga influencia marcada en las condiciones de las palomas, es, sin embargo, buen indicio que sus colores sean limpios y vivos, con reflejos metálicos á veces, y que su plumaje sea terso y unido.

El color de sus ojos es muy variable, aun dentro de la misma raza: los hay negros, pardos, rojos, anaranjados y blancos, bien de color uni-

forme ó salpicados de otros, siendo tanto más estimados, cuanto más limpios y transparentes son. Según la Perre de Roo, es conveniente que sean rojos vivos ú oscuros, y que la mancha amarilla ó blanca que tienen alrededor de la pupila sea muy estrecha y se marque con claridad; según Gobín, la coloración oscura, y aun la negra, en las de plumaje blanco, indica mayor visualidad durante el día que otra más clara. De todos modos, es muy conveniente que el ojo sea muy vivo y se mueva con rapidez en todas direcciones, pues es señal de que no es muy convexo, y por consiguiente, es de mayor alcance su vista.

II.

INCUBACIÓN Y CRÍA.

Pueden dar varias crías al año (nueve ó diez); pero no debe dejárselas hacer tantas, pues se agotarían pronto, y sobre todo las de los meses de invierno serían de malas condiciones y poco aprovechables. Tampoco se las debe dejar criar durante la muda. A mediados de Febrero se reúnen machos y hembras, y se aparean aquéllos que se crea conveniente, para lo cual se les encierra juntos en un nido y no se les suelta hasta que se tenga seguridad de su unión. Al cabo de siete ú ocho días empiezan las posturas, siendo, por lo general, cada una de dos huevos de unos 4 centímetros de largo y 2 de diámetro; el primero, lo pone la hembra, de doce á dos de la tarde, y el segundo, dos días después, de cuatro á seis, con un intervalo de cincuenta y dos á cincuenta y cuatro horas de uno á otro; la incubación no empieza hasta que han puesto el segundo, y dura, por lo común, diecisiete días y diez ó doce horas; durante los grandes fríos se alarga hasta dos ó tres días más, el tiempo que dura; pero siempre que sea posible debe evitarse ocurra esto.

Algunas veces ponen un sólo huevo en la primera postura, pero esto es raro ocurra en las sucesivas. Es también muy raro que pongan tres, y en este caso es muy fácil se malogren todos por no poderlos calentar por igual y moverlos de sitio con frecuencia. Puede ocurrir que no tengan bien formada la cáscara, y en este caso son inútiles, porque se rompen con mucha facilidad.

Para ver si un huevo está fecundado, se coge entre los dedos pulgar é índice, y se observa por transparencia: si en un extremo se ve una mancha un poco más oscura, es que lo ha sido; esta mancha aumenta con la incubación, y al cabo de cuatro ó cinco días es el centro de varios filamentos muy delgados, que son los vasos sanguíneos; si no lo están, se conservan transparentes, aunque no por igual, y moviéndolos se nota el ruido del líquido.

El tiempo de incubación se lo reparten muy desigualmente el macho y la hembra, pues excepto tres ó cuatro horas por la tarde, es ésta la que la hace.

Se conoce, con dos ó tres días de anticipación, que una hembra va á hacer una postura, en que está más quieta, con las alas caidas y permanece algunos ratos en el nido; además empiezan ella y el macho á arreglar éste, para lo cual recogen las pajas ó yerbas que encuentran. Varía mucho la manera de hacerlo, pero lo general es que sea pequeño y mal hecho. Debe ponérseles unas cazuelas para que los hagan en ellas, pero también es frecuente que, á pesar de tenerlas, no quieran hacerlo en ellas, y entonces no habrá más remedio que dejárselo donde lo hagan, porque si se les cambia de lugar lo abandonan.

De cada par de huevos es lo normal que salgan también un par de pichones, es decir, un macho y una hembra; éstos nacen cubiertos de un pequeño plumón, y son muy delicados y sensibles á las variaciones de temperatura, siendo frecuente que mueran en los descensos bruscos de ésta. Debe procurarse que su nacimiento tenga lugar el día debido, para lo que se observará si se rompe el huevo por algunos puntos, y se les puede ayudar á salir de él, si es que no pueden hacerlo; pero es operación peligrosa, porque la menor herida que se les produzca los mata. Dos ó tres días antes de su nacimiento, se ve un pequeño agujero en el cascarón y grietas radiales partiendo de él; es producido por el pico del pichón, que pica de dentro á afuera; por esta abertura entra el aire, sus pulmones se dilatan y el huevo acaba de romperse en dos partes, dándole salida; si no nacen ó se mueren poco después, es necesario dar á sus padres otros del mismo tiempo, pues de lo contrario se exponen á contraer una enfermedad, que puede ser grave, producida por el endurecimiento de la materia lechosa con que habían de alimentarlos los prime-

ros días, durante los cuales se la dan metiendo su pico dentro del de los pichones. Algunos creen que cuando los pichones nacen colocados con las cabezas en sentido contrario, son de distinto sexo; lo que sí puede comprobarse, es que á los pocos días se ve que uno tiene más desarrollo que el otro, siendo lo común que el mayor sea macho y el menor hembra.

En las puestas sucesivas, si son muy frecuentes, suele observarse que los huevos disminuyen de tamaño y los pichones que nacen son más pequeños y raquíticos; razón por la cual algunos prefieren los de la primera cría, y hasta hay quien aconseja sea la única que hagan; pero es algo exagerado. Cuando muere ó nó nace uno de los pichones, el otro se cría mucho mejor y adquiere un gran desarrollo, pues él recibe todos los cuidados y el alimento de sus padres, que de otra manera repartirían entre dos. Lo más general es, que en un palomar sea mayor el número de machos que de hembras, debido á que éstas son más débiles y mueren con más facilidad; además, es más frecuente, según observaciones que han hecho algunos aficionados, que se obtengan dos machos de los huevos incubados, por un par, que no dos hembras.

Durante los ocho ó diez primeros días siguientes al nacimiento de los pichones, sus padres les dan como alimento una substancia lechosa, en que por un fenómeno fisiológico se convierte lo que comen; después les van añadiendo granos, que ya están dilatados y reblandecidos, pero no del todo digeridos, en mayor cantidad, á medida que crecen, hasta que llegan á ser el alimento exclusivo de los pequeños, cuyo pico y estómago van desarrollándose sucesivamente; esto dura hasta que tienen, por término medio, veinticinco días, edad á la que ya pueden comer solos. A medida que van creciendo pierden el plumón amarillo que les recubría y les va saliendo la pluma, ya con los colores que hayan de tener, conservando, sin embargo, todavía, después de bastarse á sí propios, durante muchos días, algo del plumón, sobre todo en la cabeza. Muchas veces la hembra hace una nueva postura antes que los pichones de la anterior hayan salido del nido, y entonces es el macho el que cuida de éstos, dedicándose ella á la incubación de los nuevos.

Los pichones, una vez que tienen un mes, que ya se bastan á sí mismos de una manera completa, es conveniente llevarlos á otra habitación.

El desarrollo completo de un pichón no es hasta los tres años, y su

vida, siguiendo la regla general de todos los animales, de ser siete veces el tiempo que tardan en desarrollarse, será de veintiún años. A los seis meses, y aún antes, ya tratan de aparearse, pero no debe dejárseles que lo hagan hasta que hayan hecho bien una muda completa. Créese que conservan su fecundidad hasta los diez ó doce años; pero se prefieren los descendientes de los que tengan á lo más siete ú ocho, y se reputan los mejores los de los que tienen tres ó cuatro. Si conviniera tener crías de algún macho ya viejo, se le dará una hembra joven, y viceversa.

Según el capitán Malagoli, el vigor de una paloma, según su edad, puede expresarse de la siguiente manera: 3-2-4-5-1-6-7-8-9, representando estas cifras los años que tiene y estando colocadas en el orden en que decrece aquél; del examen de estas cifras se deduce que aumenta desde el nacimiento hasta los tres años y luego decrece á medida que su edad es mayor. Esto no puede tomarse como dato fijo, pues son muchas las circunstancias que, aparte la edad, influyen en el vigor y robustez de las palomas.

Algunos aficionados, cuando tienen un par que da buenos productos, dan sus huevos á otros, y obligan así á la hembra á hacer una nueva postura, obteniendo más numerosos descendientes de los primeros; pero es una precipitación que trae malos resultados, pues se debilita la hembra, concluyendo por obtenerse malos productos de aquella que los daba buenos. Sólo por excepción debe hacerse esto una vez dando á la hembra muy buena alimentación nutritiva y variada. No debe perderse de vista que influye mucho en la calidad de los pichones, la manera como sus padres los cuidan después de haber nacido, y no es extraño que unos huevos que los den muy buenos criándolos el par á que pertenecen, los den medianos criados por otros.

También acostumbran á poner en el mismo nido huevos de otros pares, reuniendo en él tres ó cuatro, con lo que se consigue de ordinario que se pierdan todos, pues no pueden calentarlos por igual y sufren enfriamientos que los inutilizan.

Pueden substituirse los huevos de un par por los de otro, siempre que sean del mismo día, pues una diferencia de cuarenta y ocho horas puede inutilizarlos. A este expediente habrá que recurrir cuando hayan de sacarse del palomar los que los estaban incubando; sin embargo, para una

separación de pocas horas, sobre todo al principio y al fin de la incubación, no es tan peligroso como parece el dejar los huevos sin quien los incube; de todos modos debe evitarse el hacer esto, y aun es más el que se saque á viajes el macho ó la hembra, pues si bien es común que el que se quede siga la incubación, llegan á cansarse y abandonan los huevos, sobre todo las hembras, cuando son perseguidas por otro macho, con el cual se aparean, dando lugar á riñas al volver el ausente; esto se evita encerrando en el nido á la hembra y poniéndola en él la comida.

Después de haber hecho una cría, hay muchos pares que si pueden cambian de nido á la siguiente. Esto lo hemos visto muchas veces, y creemos hasta conveniente el que lo hagan, pues así puede limpiarse y arreglarse bien el que han dejado, quitándole la arena, poniéndole otra limpia y blanqueándole; pero esto sólo es posible cuando hay más nidos que número de pares reproductores en la habitación; pues si no es así y un par se apodera del nido de otro, hay riñas entre los dos, y debe tratarse de que no ocurra esto. Algunos colombófilos son partidarios de que el nido sea doble, es decir, compuesto de dos compartimentos con una entrada común. Este sistema creemos es bueno; pues mediante una buena disposición en su cierre, puede conseguirse la ventaja de que si la hembra pone, como ya hemos dicho sucede, nuevos huevos antes de tener completamente criados los pichones de la anterior, puede dedicarse con más tranquilidad á la incubación, pues no la molestarán estos últimos, que quedarán al cuidado exclusivo del macho.

III.

DE LA MUDA.

La muda es una función periódica y regular en las palomas, y el que se verifique bien es una señal de su buen estado de salud. Durante el año, salvo raras excepciones, cambian todas las plumas, es decir, hacen una muda completa. Los caracteres que la acompañan han hecho crear algunos que es una enfermedad; pero todo lo contrario: para que se verifique bien, es una condición precisa el que estén perfectamente sanas. Aunque no sea una enfermedad, es, sin embargo, una época crítica, duran-

te la cual hay que tener mucho cuidado de que el régimen del palomar sea muy bueno y de que todas la hagan en buenas condiciones.

Cuando empiezan la muda, se les erizan las plumas, encogen el cuello hasta el extremo de llegar casi á ocultarlo entre las plumas, tienen las alas caídas, adelgazan bastante y los huevos que ponen son comúnmente claros; les da gran deseo de quietud y mucha tristeza y mal humor, lo que hace que cuando alguna pase al lado de otra, se den fuertes aletazos y huyan hacia los rincones. Como estos síntomas son los mismos de muchas, mejor dicho, de todas las enfermedades, debe examinárselas para ver si realmente tienen alguna, para en este caso someterlas al tratamiento correspondiente.

Las primeras plumas que pierden son las mayores de las alas, llamadas remeras, porque durante el vuelo hacen un papel parecido al de los remos de una embarcación, pues con su movimiento alternativo producen el esfuerzo necesario, no sólo para sostenerse en el aire, sino también para moverse en él. Las plumas de la cola, durante el vuelo, hacen un papel parecido al del timón, sosteniendo la dirección de la marcha y modificándola á voluntad, y por eso se llaman timoneras. Las remeras son en número de 9 ó 10 y las timoneras forman dos órdenes de 12 ó 13 cada uno; las superiores son las más fuertes y una mitad más largas que las inferiores.

En el mes de Mayo, poco antes ó poco después, pierden la primera pluma, que es siempre la décima de las remeras, contando de fuera á adentro, es decir, la más próxima al nacimiento del ala; un mes después pierden la que la precede, ó sea la novena; en este tiempo ya ha adquirido casi todo su desarrollo la anterior; cuando la novena tiene la mitad de la longitud, cae la octava, y así, sucesivamente todas las demás, con intervalos de tiempo que varían de ocho á quince días. Se ve, pues, que la muda de las plumas del ala es progresiva, cosa desde luego natural, pues es el órgano más necesario para el vuelo, y quedaría temporalmente inútil de no verificarse en esta forma. Después caen todas las plumas humerales, y por último, se hace la muda general y muy rápida, estando tanto más adelantada, cuanto más pequeñas son las que pierden. Estas plumas pequeñas caen con mucha rapidez, pero al dejar al descubierto una parte del cuerpo, ya se ven los cañones de las nuevas que han de

substituir las. La misma regularidad que hay para las plumas de las alas, la hay para las de la cola: la primera que cae es una de las del centro; cuando está á los tres cuartos de su tamaño, cae su simétrica, y luego, siempre con algún intervalo, caen todas las demás, siendo la última la segunda; algunas veces, pero esto es muy raro, pierden la cola de una vez casi por completo.

Esta es la manera como se verifica la muda en las palomas ya perfectamente criadas; pero en las que no lo están se notan algunas irregularidades. Los pichones nacidos en Febrero y principios de Marzo sufren una muda parcial, pues cambian las plumas de la cabeza y del cuello en el mes de Abril, siendo substituídas por otras de colores más vivos; los que nacen desde Agosto á Octubre, no cambian las plumas de las alas y de la cola y sí las demás.

Las plumas nuevas son, por lo general, del mismo color que las antiguas, y si acaso lo tienen algo más vivo, es debido á ser más nuevas y limpias, excepto en los pichones que mudan por primera vez, en los cuales las plumas nuevas son mayores y de colores más bellos y vivos que las viejas. Aparte de estas reglas generales, se observan, sin embargo, algunas particularidades: algunas palomas de color rojizo ó amarillento, se vuelven en la primera muda blancas ó salpicadas de blanco; algunos machos de color claro con ligeras líneas negras en dirección de las barbas, van haciéndose cada vez más oscuros, por aumentar los trazos negros, hasta el punto de que al cabo de algunas mudas parecen salpicados de negro, y hasta es posible que llegue á dominar en ellos este color. Estos trazos negros son exclusivos de los machos, y pueden servir para reconocerlos desde que salen del nido.

La época verdaderamente crítica de la muda empieza á mediados de Agosto y es necesario tener mucho cuidado de que todas la hagan bien, obligando á ello á las que no lo hagan; para esto se las mete en un cuarto que tenga la arena del piso algo húmeda, y se coloca en él un baño. Una vez en esta época de la muda, en que pierden las plumas rápidamente, es preciso cuidar de que no se interrumpa, y para eso, lo mejor es que la comida sea muy nutritiva y que no críen, pues además de los inconvenientes que produzca en el momento, traerá como consecuencia que en la primavera siguiente la continúen, tal vez cuando hayan empe-

zado ya otra. La muda debe estar terminada antes de que lleguen los fríos del invierno, que la interrumpirían con los inconvenientes ya citados; este efecto del frío obliga á que en los días en que sea intenso y en los que haya mucha humedad en la atmósfera, no se abra el palomar, á no ser que la haya terminado del todo.

Aunque es muy fácil distinguir las plumas nuevas de las viejas, por ser más tersas y brillantes y tener mayor adherencia entre sus barbas, puede tomarse la precaución de marcar, antes de empezar la muda, todas las remeras y timoneras, y de esta manera se puede conocer más fácilmente, en cualquier momento, el estado de la muda, viendo las plumas que les quedan marcadas en las alas y la cola.

DEL PALOMAR.

I

EMPLAZAMIENTO.

Como de las condiciones del local en que se instale el palomar, dependen en gran parte los resultados que se obtengan en la cría y educación de las palomas, conviene tener algún cuidado en su elección, caso de que ésta sea posible, y no esté precisada de antemano, como ocurrirá á la mayoría de los aficionados, que se verán obligados á utilizar, con este objeto, locales que habrán estado destinados á usos muy diferentes, y que habrán de aceptar con aquellas que tengan buenas y malas, y únicamente podrán mejorar algo estas últimas.

Debe ante todo huirse de los locales húmedos y de aquellos que estén demasiado al alcance de las gentes, que, por regla general, se entretendrán en ostigar y molestar á las palomas; es de precisión que el elegido sea susceptible de una buena ventilación, pues el que ésta sea buena ó mala tiene una marcada influencia en sus condiciones higiénicas, y por tanto en el estado general de salud de las palomas y en la calidad de los productos que se obtengan; es preferible hacerlas sufrir frío á tenerlas abrigadas á costa de la falta de ventilación. A ser posible, debe procurarse que las ventanas del palomar, y en general las comuni-

caciones que tenga con el exterior, estén orientadas al Saliente ó al Mediodía, pues á las palomas les gusta mucho tomar el sol y á los pichones les es muy conveniente el de la madrugada; pero como será difícil elegir la orientación del emplazamiento, quedará esta condición relegada á un segundo término; á pesar de esto deberán evitarse las orientaciones á las direcciones en que los vientos sean muy húmedos ó fríos, ó produzcan grandes temporales de lluvias; alguna diferencia hay en este particular entre las distintas localidades, pero, como por regla general estas circunstancias suelen concurrir en el cuadrante NO., se recomienda por la mayoría de los autores, que se han ocupado de este asunto, que los locales destinados á viviendas de las palomas no tengan orientadas en estas direcciones las aberturas que comuniquen directamente con el exterior. No es de necesidad que el palomar esté situado en puntos muy elevados, pero sí conviene que su frente sea despejado, que no le priven del sol los edificios inmediatos, y que caso de no ser visible desde puntos situados á algunas distancias, haya en sus inmediaciones algún edificio ó accidente del terreno bastante marcado y visible ó distancia para que pueda servir de punto de referencia á las palomas, sobre todo si son muy jóvenes y no tienen desarrollado el instinto de orientación.

La capacidad de los locales destinados exclusivamente á las palomas debe ser tal, que en volumen de aire sea, en metros cúbicos, por lo ménos igual al de pares que deban contener, y siempre que sea posible próximamente doble de este número. En un mismo local no conviene tener arriba de 25 á 30 pares de palomas, pues aparte de que así se facilita el cuidado y vigilancia necesarios, es muy conveniente para evitar la producción y desarrollo de enfermedades epidémicas, á que son muy propensas las palomas, y que se presentan con tanta mayor facilidad cuanto más poblado es un palomar y ménos cubo de aire tiene en relación con el número de pares que contenga.

Cuando se desee tener un número de palomas superior al indicado, se distribuirá entre dos ó más habitaciones, que deberán estar completamente aisladas entre sí, á fin de que haya completa separación entre las de una y otra y sea más fácil localizar las epidemias, caso de presentarse alguna; en este caso, algunos colombófilos recomiendan que tengan distintas orientaciones las entradas que puedan utilizar las palomas, y de

no ser esto posible que haya alguna diferencia entre ellas, á fin de que no se equivoquen y entren unas en las habitaciones de las otras; pero no lo creemos indispensable, pues durante bastante tiempo hemos tenido ocasión de ver en el palomar de Jaca, que á pesar de haber tres jaulas de entrada, exactamente iguales, correspondientes á tres departamentos independientes, era sumamente extraño equivocaran una con otra.

A ser posible, es muy conveniente que, delante de cada habitación destinada á palomas, haya otra ó un trozo de galería separado del exterior solo por una alambrada, con objeto de que puedan, sin estar completamente libres, tomar el sol y el aire, en iguales condiciones que lo harían estando fuera del palomar. En este caso las jaulas de entrada deben estar adosadas á esta alambrada.

La altura de techo, en los locales destinados á las palomas, puede ser cualquiera, conviniendo sea lo mayor posible, porque de este modo el cubo de aire será también mayor y mejores las condiciones higiénicas del palomar. Algunos colombófilos aconsejan que no pase de 2 metros ó 2^m,20, para que pudiendo alcanzarse con la mano ó con una red á propósito á todas partes, puedan cogerse las palomas con mayor facilidad; pero como no es de recomendar este procedimiento, creemos inútil esta limitación en la altura, que puede también obtenerse poniendo á la que se desee una red horizontal que limite el espacio en que puedan volar las palomas sin disminuir la cantidad de aire respirable.

II

INSTALACIÓN.

Una vez que se haya elegido local hay que proceder á su preparación, á fin de mejorar en todo lo posible sus condiciones y dotarle de cuanto sea necesario para facilitar la cría.

La ventilación se favorece y mejora disponiendo dos series de ventiladores de 10 á 15 centímetros de lado, una al nivel del piso y otra en el techo, colocando á los de esta última tubos de bastante altura para que sobresalgan algo por encima del caballete del tejado; estos ventiladores deben estar interrumpidos por telas metálicas, tener los bajos unos

ventanillos para cerrarlos cuando convenga, y terminar los altos en un sombrerete que impida la entrada del agua de lluvia y toda clase de objetos extraños. Desde luego se comprende que habrá casos en que no sea necesaria la instalación de estos ventiladores, sobre todo en los países en que por no ser muy frios pueda tenerse abierto todo el día el palomar; pero es una precaución que es muy conveniente tener siempre presente.

Los gatos, y las ratas y ratones, producen grandes daños en los palomares: los primeros asustan á las palomas de tal modo, que á veces huyen y no vuelven, y lo peor es que si entran una vez, recurren luego á toda clase de astucias para repetir las visitas; para defenderse de ellos deben ponerse felas metálicas bastante tupidas en todos los sitios por donde pudieran entrar, y tener cuidado de no dejar abiertas las puertas, para lo cual es conveniente ponerlas muelles que las cierren solas; también es conveniente que las puertas cierren bien por la parte inferior, pues se han dado casos de meter las manos por debajo de ellas y producir heridas graves á las palomas. Los ratones y ratas causan también muchos destrozos, pues se comen los pichones, aunque tengan bastantes días, acabando con un palomar si llegan á apoderarse de él; es necesaria la colocación de telas metálicas en todas las aberturas y hacer que las puertas cierren muy bien, así como también colocarlas un batiente de cuatro ó cinco centímetros de alto forrado de zinc, pues muchas veces buscan entrada entre las uniones de la madera, que por ser material relativamente blando, les es fácil destruir y abrir camino por él, sobre todo si ya lo tienen indicado de antemano por grietas ó huecos de cualquier clase; debe mirarse cuidadosamente si hay algún agujero hecho por estos animales para tapanlo por completo, empleando con preferencia el cemento, entre el cual, antes de que endurezca, deben meterse puntiagudos trozos de cristal; la presencia de un gato en el palomar los ahuyentará, pero habrá de cuidarse de que nunca penetre donde estén las palomas y castigarle con dureza cuando se vea trate de hacerlo ó de asustarlas.

Si el piso es de madera conviene substituirlo con otro de baldosa ó baldosín, tomado, á ser posible, con cemento; mejor aún que esto es construirlo todo de cemento ó de baldosín hidráulico.

Las maderas deben pintarse todas al óleo, á fin de evitar sirvan de nidos á los muchos parásitos enemigos temibles de las palomas.

Dentro de las habitaciones destinadas á las palomas se construyen ó colocan los nidos, para los cuales se han ideado distintos sistemas. Pueden ser movibles ó fijos; sean de la clase que se quiera, deberán colocarse lo ménos á 50 centímetros de altura sobre el suelo, para evitar que los pichones salgan de ellos antes de tiempo, pues si sucede esto, son perseguidos por los demás, que los matan á aletazos y picotazos, cosa que también ocurre cuando alguno se cae de ellos. Los movibles podrán ser de mimbre (fig. 1), de madera (fig. 2) ó de otro material cualquiera,

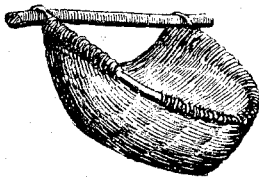


Fig. 1.

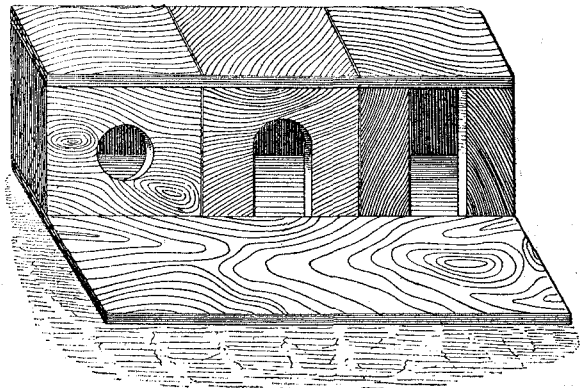


Fig. 2.

mereciendo citarse un sistema preconizado por algunos distinguidos colombófilos, el cual reúne algunas ventajas: consiste en un banco de mampostería corrido alrededor de la habitación, y de una altura conveniente, 0^m,40 á 0^m,60, y sobre él se colocan una especie de cajones sin fondo, que tienen una abertura, delante de la cual puede ponerse una tablilla horizontal. Estos cajones forman el nido y dentro de ellos se colocan las cazuelas, que describiremos al tratar del servicio y cuidado de los palomares. Con este sistema se facilita mucho la limpieza, pues levantando un cajón se puede hacer con gran facilidad en el sitio en que estaba colocado, y hasta puede substituirse por otro si está muy sucio; pero en cambio tiene el inconveniente de que ocupa mucho terreno, y se necesita una habitación de mucho perímetro para tener algunos pares; algo puede, sin embargo, atenuarse este inconveniente, construyendo uno ó dos pisos de repisas, á semejanza de los vasares que se colocan en las

cocinas y despensas, y colocando sobre ellas los cajones que constituyen el nido. En lugar de ser de madera la parte móvil del nido, puede hacerse de barro cocido, que será mejor para la limpieza. Las dimensiones, como mínimo, deben ser 0^m,25 de alto, 0^m,35 de largo y 0^m,25 de ancho.

Sistemas en que estén fijos á las paredes hay muchos: el teniente coronel Bon de Sousa describe uno muy sencillo (figs. 3.^a y 4.^a), todo él

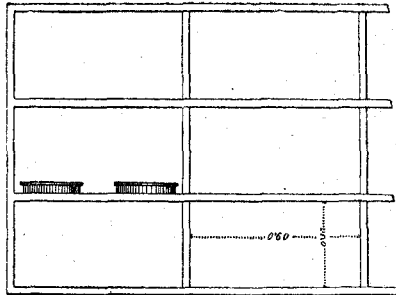


Fig. 3.

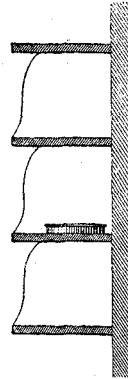


Fig. 4.

construído de madera; se colocan horizontalmente, y á una distancia de 0^m,30 una de otra, tablas de 2 $\frac{1}{2}$ á 3 centímetros de espesor y de 0^m,35 de ancho; y con otras verticales, separadas 0^m,60, se acaban de formar los nidos; colocadas en el fondo las cazuelas, les queda á las palomas bastante espacio para moverse, sin ver á las de los inmediatos, lo que produciría riñas. Indudablemente que este sistema es muy sencillo; pero á nuestro entender tiene el inconveniente de ser poco á propósito para que la limpieza se haga bien, y en las uniones de las tablas con el paramento del muro es fácil queden intersticios en donde aniden los parásitos. Se construyen también de madera, poniendo antes las divisiones verticales y luego las horizontales, fijas por una charnela á la pared, de modo que puedan ponerse horizontales ó verticales á voluntad; esto facilita la limpieza y permite hacer que no usen más que los nidos que se desee, evitando que un par se apodere de más de uno; mejor aún que sujetarlas á la pared por medio de charnelas, es hacerlas completamente independientes, de quita y pon, para lo cual bastará poner unos listones, ó hacer unas ranuras que les sirvan de apoyo, en las verticales, pues así podrá

limpiarse y blanquearse más fácilmente su parte posterior. Puede cerrarse el frente de ellos, dejando sólo una abertura en el centro de unos 0^m,25 de altura y 0^m,15 de ancho, y delante de ella poner, para facilitar la entrada y salida de las palomas, una tablilla horizontal, próximamente de iguales dimensiones. Esto aísla más los pares y hace que sea más tranquila la incubación y cría de los pequeños; pero algunos dicen que tiene la contra de que falta animación en el palomar, pues se acostumbran á estar siempre dentro de los nidos, razón por la cual hay aficionados que ponen parte de ellos cerrados y parte abiertos, sirviendo los primeros para los apareamientos. Puede evitarse este inconveniente cerrando el frente de los nidos sólo con una alambrada, que permita la entrada de la luz en ellos y el fácil examen de su interior. En vez de colocar una tablilla horizontal delante de cada nido, puede correrse á lo largo de su frente y á su misma altura un listón de cuatro centímetros de lado, con las esquinas redondeadas, para que les sirva para posarse y facilite la entrada y salida del nido; en este caso es menester, para evitar riñas, que á lo largo de este listón haya divisiones que correspondan con las de los nidos.

Los de mampostería los creemos preferibles á todos los demás, pues dan menos alojamiento á los parásitos, y estando bien dispuestos, permiten la limpieza en buenas condiciones, y pueden blanquearse y hasta picarse cuando sea necesario. Algunos los hacen cerrados, también con mampostería, por la parte anterior, dejando sólo una abertura, del tamaño ya dicho, para entrar en ellos; esta disposición tiene el inconveniente de dificultar su examen y limpieza; otros los proponen abiertos por delante y para cerrarlos ponen una plancha de palastro, con un reborde alrededor, para ajustarla á las mamposterías, y á esta plancha va sujeta otra horizontal para que puedan entrar en ellos. Esta disposición permite mejor la limpieza, pues queda el nido completamente al descubierto cuando se quita la tapa; la oscuridad que queda en el interior les es agradable, y la incubación es muy tranquila, pero tiene en cambio el mismo inconveniente, ya citado, de disminuir la animación en el palomar y de que no se ve en cada momento lo que pasa en el interior de los nidos, cosa necesaria para facilitar el servicio. Las dimensiones que se les da pueden ser variables; muchos aconsejan 0^m,75 × 0^m,70 y 0^m,40 de alto.

La disposición adoptada en nuestros palomares militares, y que es reglamentaria, es muy conveniente: reúne las ventajas de las anteriores y atenúa mucho sus inconvenientes, habiéndose comprobado prácticamente sus buenas condiciones. Los nidos tienen por su interior 0^m,60 de largo por 0^m,40 de ancho y otros 0^m,40 de alto: están formados por bovedillas trasdosadas horizontalmente; todos sus ángulos entrantes se redondean para evitar se deposite porquería en los rincones y para facilitar la limpieza: la parte anterior de cada fila horizontal se cubre con un bastidor que pueda quitarse y ponerse con facilidad; este bastidor se divide por listones verticales en tantos intervalos como nidos tenga la fila que cubra, y éstos se llenan por medio de varillas verticales de madera, de sección cilíndrica, de 12 milímetros de diámetro, excepto en la parte central de cada división, que queda una abertura de 0^m,24 de alto y 0^m,13 de ancho, cuyo lado inferior estará 0^m,05 más elevado que el piso del nido; esta abertura se cierra por una tablilla de igual tamaño, que gira alrededor de su borde inferior, y que puesta horizontal (para lo cual se pondrá un tope en la parte inferior), servirá para que se poseen en ella á la entrada y salida del nido; una vez cerrada se sostiene por una aldabilla, y por tanto podrá servir, bien para encerrar algún par cuando haya de aparearse, ó bien para impedir ocupen más que aquellos que se desee. En el fondo de los nidos se echa una capa de arena fina de 0^m,05 de espesor, razón por la cual se hace que la parte inferior de la entrada á ellos esté esta misma dimensión más alta que su fondo; para que al quitar el bastidor no se caiga la arena, se pone á lo largo de ellos un listón de la misma altura que lo impida.

Todos los nidos se numeran en estos bastidores, y se les pone, encima de la entrada, una tablilla con dos ranuras para colocar una tarjeta, en que se apunta el día que han hecho las posturas y nacido los pichones. La primera fila de nidos se pone á alguna altura sobre el suelo, para evitar los inconvenientes ya citados; este espacio puede estar todo él relleno con mampostería ú ocupado por otra serie de ellos; pero en este caso se cierran con una alambrada de quita y pon, para impedir que críen en ellos y poder limpiarlos cuando convenga. El espacio comprendido entre la última fila de nidos y el techo se cierra de igual manera que el inferior.

El número de nidos debe ser mayor que el de los pares, por las razones expuestas al tratar de las incubación y cría de los pichones; el número de filas horizontales no debe ser más de tres útiles, pues de lo contrario la última estaría muy alta y se dificultaría el servicio.

El material mejor para la construcción de los nidos es el cemento, mezclado en las proporciones convenientes con arena y grava menuda.

Una modificación muy conveniente y cómoda, introducida en el anterior sistema, y que nos ha dado muy buenos resultados, consiste en hacer un bastidor para cada fila vertical de nidos, es decir, para cada tres, y sujetarlo con charnelas ó bisagras á una llanta de hierro empotrada en el tabique que separa cada dos filas verticales de nidos; de este modo puede abrirse como una puerta, se facilita el servicio, pues siempre es más cómodo que quitar todo el bastidor, y no se molesta durante la limpieza más que á las palomas de dicha fila, á las cuales no puede evitarse las molestias que la haga, mientras que si se hace un bastidor para cada fila horizontal se incomoda á las de una de éstas, además de á las de la vertical, en la cual esté limpiando; las bisagras deben ser de modelo que permita quitar completamente el bastidor cuando sea preciso; una vez cerrado, bastará para sujetarlo en esta disposición una aldabilla ó un pasador. También se ha dividido en tantos trozos como nidos, haciéndolos igualmente giratorios, pero independientemente de los bastidores, los listones que sostienen la arena de los nidos, para poder limpiar éstos con más perfección; lo mismo que aquéllos pueden quitarse por completo para hacer su limpieza ó reposición. Las figuras 5 y 6 indican estas disposiciones.

En cualquiera de las disposiciones últimamente indicadas, pueden dividirse los nidos en dos, para obtener las ventajas citadas al tratar de la incubación y cría de los pichones.

Además de los nidos, es necesario colocar en estos departamentos posadores, que consisten en listones de madera de 0^m,04 de lado, con las esquinas redondeadas y sostenidos por palomillas de hierro á 1^m,50 de altura y á 0^m,50 de distancia de las paredes: cuando no se crean bastantes los que puedan colocarse de esta manera, pueden ponerse otros en el centro de las habitaciones, colocados á igual altura sobre piés de madera ó hierro.

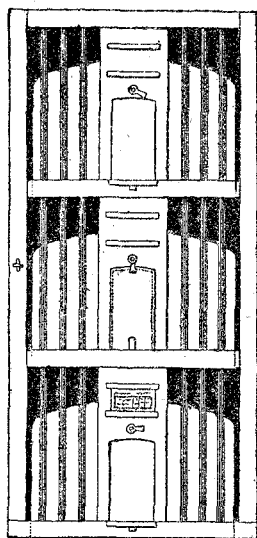


Fig. 5.

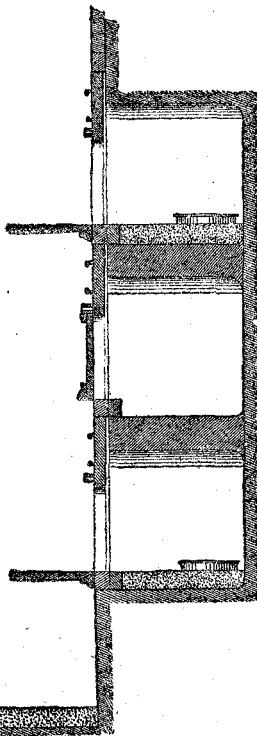


Fig. 6.

En tres ó cuatro puntos del palomar se ponen, colgándolos de escarpas puestas con este objeto, haces de esparto y de espliego en rama, de 0^m,10 á 0^m,12 de diámetro, los cuales deberán quedar á 0^m,08 del suelo y estar hechos de modo que las palomas puedan con facilidad tomar lo que necesiten para formar su nido.

En las galerías ó habitaciones exteriores, sólo deben ponerse posadores.

Todas las alambradas conviene estén formadas sólo por varillas verticales, pues las que lo están por rombos, como son las ordinarias del comercio, tienen el inconveniente de que á ellas pueden agarrarse las palomas, y enganchándoseles las uñas, llegan á estropeárselas, hiriéndose algunas veces los dedos.

En las puertas de entrada conviene, si bien no es cuestión de importancia, colocar á 1^m,30 de altura un ventanillo de 0^m,10 de lado, cerrado

por una tela metálica de malla muy fina, procurando que desde él pueda verse la mayor parte de la habitación y la jaula de entrada; además de la tela metálica se le pondrá una puertecilla de madera que se cierre sola.

Las ventanas y puertas de acceso á la galería ó habitación exterior, cerrada sólo por alambrada, deberán tener alambreras, vidrieras y maderas para usar unas ú otras, según sea necesario.

Las superficies de las puertas y ventanas es necesario pintarlas al óleo y enlucir los paramentos de los muros con mortero de cemento, blanqueándolos con cal, añadiendo á la lechada que se emplee alguna cantidad de una disolución saturada de ácido fénico: el 2 ó el 3 por 100 es suficiente.

Para establecer la comunicación con el exterior, son necesarias aberturas, por las que puedan entrar y salir fácilmente las palomas; para esto, lo único que se necesita es que tengan 0^m,25 de alto por 0^m,15 de ancho, y que tanto al interior como al exterior tengan una tabla próximamente de igual dimensión, para que en ellas puedan posarse las palomas á la entrada y á la salida; estas tablas pueden también servir para cerrar las aberturas. Este procedimiento tan sencillo no satisface cuando se trata de concursos ó comunicaciones, pues entonces precisa saber el momento de la llegada de cada paloma, y que ésta pueda quedar presa á su entrada. Para esto se han ideado varios procedimientos, pero sólo describiremos los dos que juzgamos los mejores y más prácticos. Uno de ellos consiste en emplear jaulas dispuestas de la manera siguiente (figuras 7, 8 y 9): á 1^m,20 de altura se pone un travesaño horizontal, y á éste se sujeta toda la parte inferior de la jaula (que tiene 0^m,60 de lado por la parte exterior) y un tablero hacia la parte de afuera de ella, formado por dos tablas *E F E' F'*, *G H G' H'*, de 0^m,18 × 1^m,60, destinadas á que en ellas se posen las palomas al llegar, y otra de 0^m,40 × 0^m,54 hacia la de adentro, para que puedan hacerlo al salir. El frente exterior de la jaula tiene también 0^m,60 de ancho y muy poco más de alto, y está dividido en dos partes por un travesaño horizontal, que se une con otros colocados á igual altura en las otras caras; las laterales son de forma trapezoidal, para que tenga alguna vertiente la cubierta, y la posterior tiene la altura que sea precisa para conseguirlo; las caras laterales, en su totalidad, y las partes superiores de la anterior y posterior, están cerradas por

alambres de 0^m,004 de diámetro, colocados á 0^m,04 de distancia de eje á eje; en la parte inferior de la anterior se coloca un bastidor *C D, C D*, que se mueve verticalmente (sirviéndole de guía para este movimiento

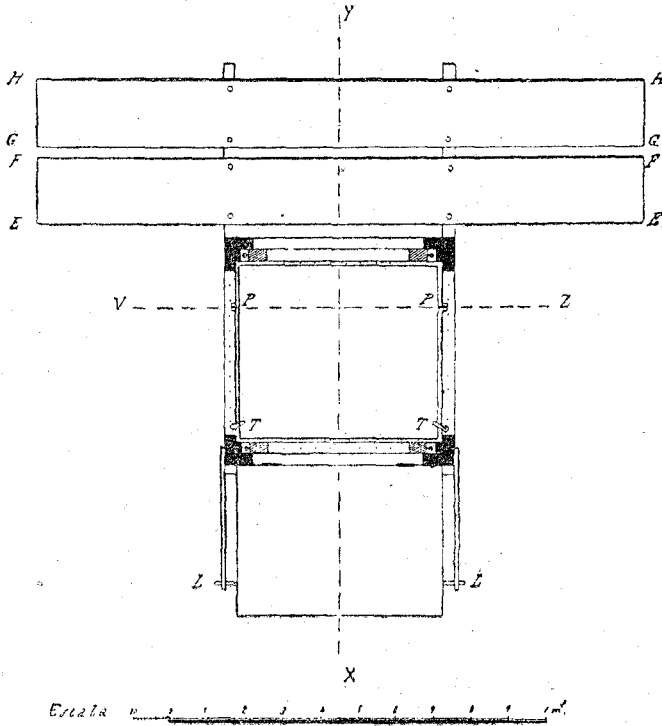


Fig. 7.

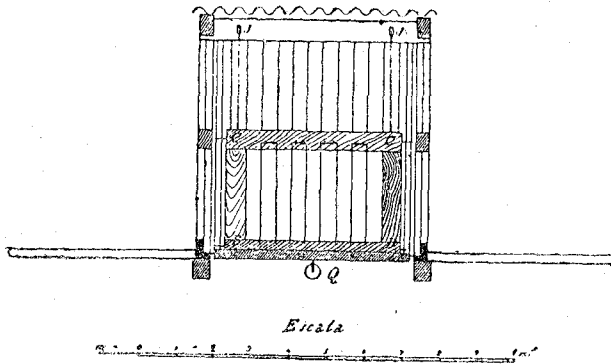


Fig. 8.

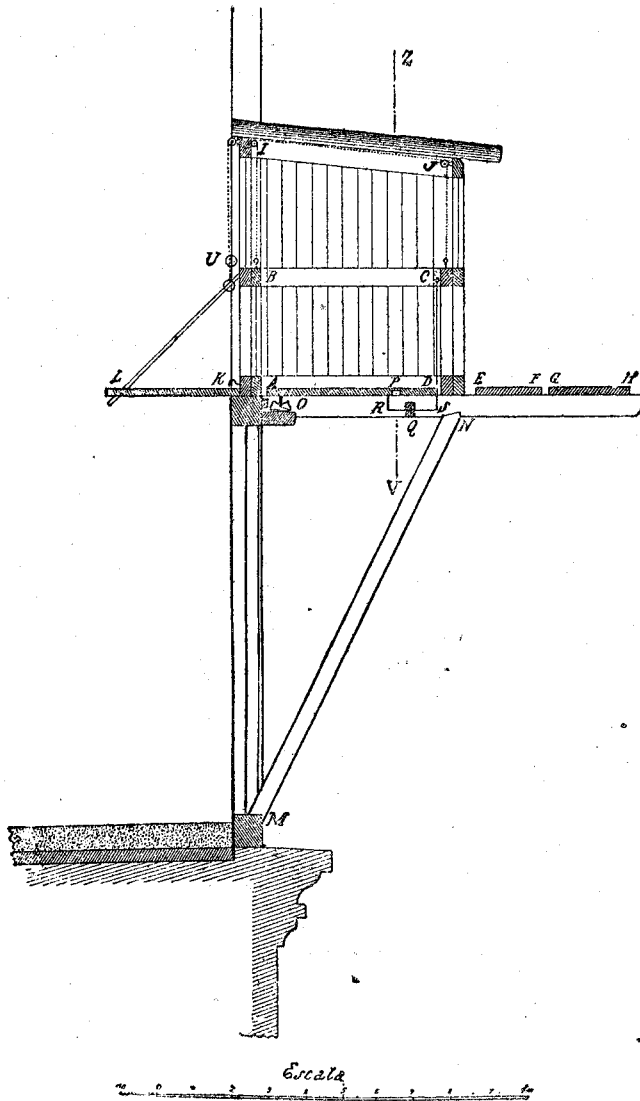


Fig. 9.


dos varillas verticales y unas anillas de hierro), el cual tiene sujetas por medio de otras anillas una serie de alambres en forma de \square , que pueden girar alrededor de su parte superior, y que estando adosados á su cara interior sólo pueden hacerlo de fuera á adentro, de modo que las palomas, al empujarlos desde el exterior, los levantan y pueden entrar,

pero no pueden volver á salir; en la parte inferior de la posterior se coloca otro bastidor igual, sólo que tiene los alambres fijos. Estos dos bastidores pueden levantarse por medio de unos cordeles ó cadenas que pasan por las poleas *I* y *J* y terminan en las anillas *U*, con las cuales se sujetan á los ganchos *K* para conservarlos levantados; mediante esta disposición, si solamente está bajo el de delante, las palomas pueden entrar al palomar, pero no salir al exterior; si están los dos levantados, pueden entrar y salir libremente, y si los dos están bajos podrán entrar en la jaula, pero quedarán presas en ella. La tabla posterior *K L* puede girar alrededor de su parte inferior, para colocarla vertical cuando convenga (fig. 9).


Para avisar la llegada de las palomas, se hace el fondo de la jaula un poco menor que ella, y se sujeta sólo por medio de un eje con dos puntos de apoyo *P P*, alrededor de los cuales gira; conviene que este eje esté lo más lejos posible del centro del tablero; para que éste se conserve en equilibrio, se pone en su parte inferior un contrapeso *Q*, que puede moverse á lo largo de la varilla *R S*, que, para mayor facilidad, tendrá labrado un filete de tornillo de paso muy corto, de modo que dando vueltas al contrapeso adelante ó atrase á voluntad; por la parte posterior de la inferior hay un tope que está encima de un botón de los que sirven, de ordinario, para las instalaciones de campanillas eléctricas, colocado sobre una palomilla de madera, y de éste se llevan los conductores á un timbre y á un cuadro indicador, si hay varias jaulas; para manejar el contrapeso *Q* se hace girar todo el tablero, de atrás á adelante y hacia arriba, con lo cual quedará al alcance de la mano, y para evitar que la pequeña preponderancia que pueda éste tener haga ponerse al tablero vertical, se sujeta con dos aldabillas ó pasadores *T T*, que no le permitan elevarse, pero sí bajar, para que toque el timbre á la entrada de la paloma, cosa que desde luego se comprende sucederá si se equilibra el tablero de modo que baste, para hacerlo oscilar, el peso de ella.

El conjunto de la jaula es bastante pesado, y es necesario darla algún punto de apoyo además del posterior, para lo cual puede ponerse una tornapunta *M N*, ó un tirante desde el mismo punto *N* á otro suficientemente seguro de la parte superior.

Podría ser conveniente hacer de modo que las palomas pudieran

salir, pero no entrar hasta que se deseara; esto se conseguiría disponiendo otra abertura, que podrá ser muy pequeña, $0^m,25 \times 0^m,15$, con los mismos alambres en ; pero abriéndose de dentro á fuera; delante de ellos deberá poder correrse una varilla para dejarlos inmóviles, cuando no se quiera que salgan.

Las palomas se acostumbran muy pronto, la generalidad el primer día que salen, á entrar levantando los alambres; si alguna no lo hace, se ponen unos granos de alberja ó trigo, que irá comiendo metiendo la cabeza por uno de los huecos, y al ver que el obstáculo cede, seguirá empujando hasta entrar del todo, y seguramente no necesitará más lección.

En vez de unir dos á dos los alambres en forma de , pueden hacerse completamente independientes uno de otro, para lo cual bastará doblarlos para formar un gancho en uno de los extremos y colgarlos de anillas que se sujetan á la parte superior del bastidor móvil. Es necesario que no tengan mucho juego lateralmente para evitar que las palomas, haciendo fuerza de dentro á fuera, puedan desviarlos de su posición vertical y abrirse paso entre dos de ellos.

Fundada en que por una abertura horizontal de dimensiones tales que una paloma pueda pasar con las alas cerradas, pero no extendidas, podrán tirarse de arriba á abajo con ellas plegadas, pero no pasar de abajo á arriba, pues para esto han de llevarlas abiertas, hay otra jaula de entrada muy sencilla y práctica, indicada en la figura 10. Como se vé consiste en dos aberturas horizontales ó ligeramente inclinadas, que han de tener $0^m,08$ ó $0^m,10$ de ancho, dispuestas de tal manera que las palomas, para salir del palomar, se tirarán con las alas cerradas por la superior, para caer en la repisa exterior, desde la cual podrán tomar libremente el vuelo, y para entrar á él lo harán por la inferior, abriendo las alas tan pronto como la hayan pasado. Pueden colocarse en cada departamento varias salidas, pero sólo una entrada, á la que podrá adosarse una jaula, en la cual queden ó no presas, á voluntad, al entrar, para lo que bastará que tenga movable una de sus caras laterales, de modo que, según convenga, se tenga abierta ó cerrada; si el fondo de esta jaula se equilibra en la forma indicada al describir el otro sistema de jaula, colocando también un contacto eléctrico, quedará completa una disposición que satisfará á todas las necesidades.

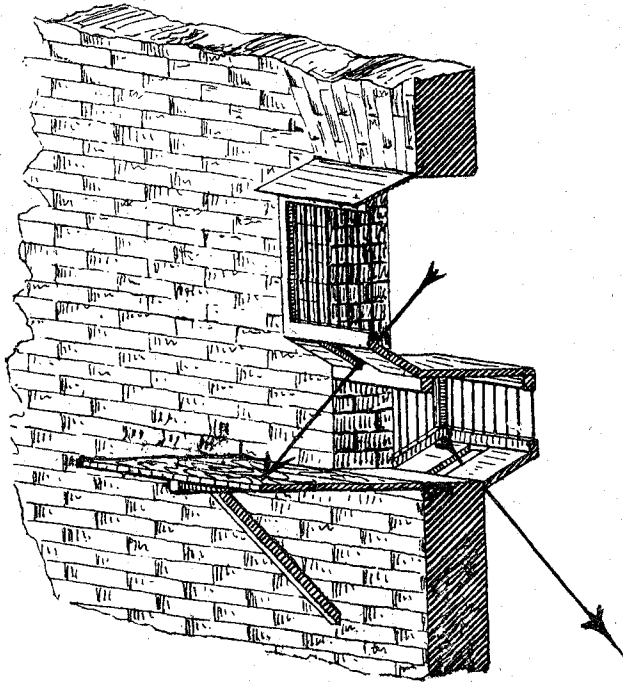
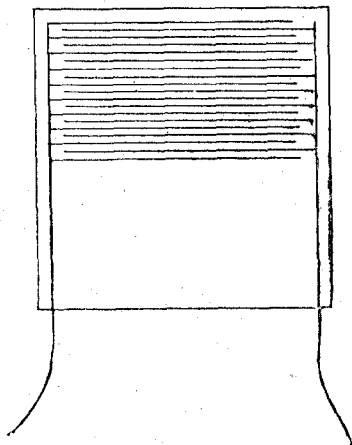


Fig. 10.

Para impedir que las palomas salgan ó entren, ó ambas cosas á la vez, bastará tener unas tablillas del mismo tamaño que las aberturas para cerrar las que convenga.

Otras varias disposiciones pueden emplearse; pero creemos sea bastante haber descrito las dos más usadas y prácticas, de las cuales cada aficionado podrá emplear la que más le agrade, pues ambas cumplen bien su objeto.

En lugar del tablero equilibrado se ha propuesto por algunos colocar en dirección perpendicular al sentido natural en que la paloma marche por él al tratar de entrar en el palomar, una serie de varillas metálicas en la forma indicada en la fig. 11, de modo que unas comuniquen con el polo positivo de una pila y otras con el negativo; de esta manera, colocando sujeta á una pata de las palomas, que conduzcan despachos, una pequeña cadenilla metálica, al quedar ésta en contacto con dos varillas inmediatas, sonará el timbre colocado en el circuito, que se cerrará al verificarse dicho contacto. De este modo hay seguridad de que cuando

*Fig. 11.*

suene el timbre la paloma que ha entrado trae despacho; pero creemos es disposición que exige mucho cuidado y que no es del todo práctica.

Estas jaulas pueden servir, teniendo cerradas las salidas, para que los pichones vayan conociendo el terreno inmediato al palomar; pero cuando no haya galería exterior desde la cual pueda conseguirse el mismo objeto y la situación de ellas sea tal que no se vean bien los alrededores, conviene colocar una jaula en sitio á propósito para que los pichones puedan irse acostumbrando desde ella, en los días anteriores á aquel en que se les haya de dar libertad, á reconocer las inmediaciones del palomar; sin embargo, esto no es de capital importancia, toda vez que no creemos conveniente el que se deje volar por primera vez á los pichones sin que haya en el aire palomas ya acostumbradas al palomar, á las cuales se unirán formando bando.

III.

POBLACIÓN DEL PALOMAR.

La primera condición á que habrá que atender cuando se trate de poblar un palomar, es que las palomas que á él se lleven sean de buena raza; hoy día la dominante es la mensajera belga, á la cual se ha llegado

por medio de muchos cruces y una elección cuidadosamente hecha durante muchos años; entre éstas se distinguen dos razas: la de Lieja y la de Amberes, que por su cruce han dado lugar á la mixta, que las va substituyendo. Aunque ya hemos indicado los caracteres que debe tener una buena mensajera, no debe fiarse sólo de ellos el aficionado que desee establecer un palomar, pues no bastan los exteriores que puedan presentar para poder deducir con seguridad las condiciones que tendrán. En Bélgica está perfectamente organizado el comercio de palomas y allí es fácil hacerse con buenos reproductores ó con pichones procedentes de ellos. En España hoy está formándose esta afición y no es fácil adquirir palomas de buena raza, sino es acudiendo á los palomares militares ó á la Sociedad colombófila de Cataluña; con el tiempo creemos se irá desarrollando esta afición y con ella el comercio de mensajeras ya probadas en concursos. Además de las razas belgas existe la inglesa, que aunque menos empleada ha dado buenas mensajeras.

Una vez obtenidos pichones ó palomas hay que encerrarles en el palomar, pues de lo contrario se marcharían de él, con tanta mayor facilidad cuanto mayor edad tuvieran; los pichones, cuando empiezan á bastarse á sí mismos, se aquerencian en el palomar en que se les ponga como si hubiesen nacido en él; pero no creemos que á esta edad sea conveniente trasladarlos de un punto á otro, pues todavía no están formados y cualquier cosa basta para estropearlos; á los dos meses y medio ó tres de edad ya se les puede trasladar sin gran peligro de un palomar á otro. El tiempo que puede calcularse necesario para que tomen querencia al palomar, es, según sus condiciones, el expresado á continuación:

De cuarenta días de edad, no habiendo volado fuera de su palomar.	} Ocho días.
De ménos de un año, id. id. id.	
De menos de un año, habiendo salido libremente.	} Dos meses ó tres y espere rar la primer postura.
Idem id. id. efectuado viajes de educación.	
De más de un año, no habiendo salido de su palomar.	} Dos meses ó tres y espere rar que los pichones tengan cuatro ó seis días.
	} Esperar á que hagan la segunda cría.

Idem id., habiendo salido libremente.	} Esperar á que hayan hecho cinco ó seis crías.
Idem id., id. efectuado viajes de educación. . .	
	} Uno ó dos años, según la educación que hayan recibido.

Hasta que no hayan pasado estos plazos no debe dejárseles salir del palomar. No es esto absoluto, pues hay muchas circunstancias que influyen en el pronto aquerenciamiento, siendo las principales la mayor ó menor comodidad y cuidado que encuentren en el nuevo palomar y la distancia á que se encuentre aquel de que procedan. La práctica enseñará cuándo están aquerenciadas, pues en este caso están contentas y se mueven libremente recorriendo todo el palomar, y cuando todavía no lo están, se van á los sitios más altos y todo las recela y asusta. Cuando no hay posibilidad de tenerlas encerradas, se las pueden cortar las plumas de las alas, pero no es procedimiento recomendable.

Debe tenerse un gran cuidado en que no se mezclen con palomas de otras razas no mensajeras, pues es casi seguro que los productos que se obtuvieran serían de malas condiciones y la degeneración parecería rápida é imposible de evitar; tan sólo después de tener mucha práctica y conocimiento en el asunto deberán ensayarse, pero con mucha cautela y prudencia, algunos cruces con palomas de rápido vuelo, vivas y vigorosas, para observar atentamente sus productos y desecharlos desde luego si no son de excelentes condiciones; esta observación debe hacerse con preferencia con los de la segunda cría, pues los de la primera es muy fácil se parezcan más al macho anteriormente apareado con la hembra que á aquél que lo esté al poner ésta los huevos. A fuerza de paciencia, inteligencia y cuidado, quizás llegará á conseguirse una raza de mensajeras españolas, lo cual sería muy conveniente por las facilidades que esto produciría á los aficionados.

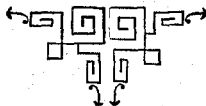
Mucho se ha discutido sobre si los apareamientos consanguíneos son ó no convenientes; asunto árduo y difícil es éste, pero á nuestro juicio puede sentarse como seguro, que la mejor manera de contribuir á la degeneración de las razas, debida á las influencias perniciosas á que están sometidas las palomas de un mismo palomar, es el facilitar los apa-

reamientos consanguíneos; de aquí que creamos deben evitarse, sin que esto quiera decir que se prescinda en absoluto de obtener productos de individuos que tengan ambos excelentes condiciones y que sean parientes muy próximos.

Es preferible dejar á las palomas que se apareen solas; pero cuando quieran obtenerse productos de un macho y una hembra determinados habrá que obligarlos á que se apareen, para lo cual se les encerrará juntos y no se les soltará hasta que haya seguridad absoluta de que el apareamiento se ha hecho. Si á una hembra ya apareada con un macho hubiera de apareársela con otro, es menester llevar á otro local al primero, pues de lo contrario se producirían riñas entre ambos. No debe obligarse á que se aparee de nuevo una hembra que tenga huevos ó pichones. Dentro de los que tengan buenas condiciones de instinto y resistencia, deben aparearse los más parecidos en forma y colores.

Cuando las palomas que se obtengan se crea no reunen buenas condiciones, antes de aceptar como buenos sus productos, deberá someterse las á pruebas proporcionadas al servicio que haya de exigírseles, obligándolas á hacer algunos viajes, cuyo resultado servirá de dato para decidir si deben ó no aceptarse. En este asunto no caben términos medios y á poco que sean deficientes las condiciones que tengan, deben desecharse por completo, pues no debe perderse de vista que la degeneración de las razas es un hecho, y que será tanto más rápida cuanto peores sean las condiciones de los primeros reproductores.

Para combatir la degeneración no hay otro remedio que introducir sangre nueva en el palomar; no quiere esto decir que se busque otra raza, al contrario, pueden buscarse palomas de la misma, pero que, habiendo estado sometidas á distintas influencias, tengan por tanto distintas predisposiciones, y puedan compensarse en vez de sumarse las causas que la produzcan.

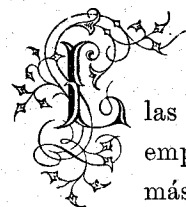


SEGUNDA PARTE.

ORGANIZACIÓN DEL SERVICIO.



ALIMENTACIÓN.



Los granos que pueden emplearse para la alimentación de las palomas mensajeras varían mucho, según las lo calidades, empleándose, en general, los más comunes en cada una y los más económicos: la alverja, colza, cañamones, algarroba, trigo, cebada, avena, titos, yeros, habas menudas, maíz de grano pequeño y varios otros más se usan con este objeto; pero cuando se quiera tener un buen palomar de mensajeras, es preferible que los empleados sean nutritivos á obtener una economía insignificante.

La base de la alimentación debe ser la alverja, llamada también alverjana y arveja; es de fácil adquisición, pues se cría en abundancia en Navarra, Valencia, Cataluña y otros puntos de España. Debe procurarse que tenga un año, y si es posible dos, pues si se ha conservado bien será señal de su buena calidad; ha de ser pesada (88 kilogramos por hectólitro), negra, brillante y el grano uniforme, debiendo desecharse aquella que tenga señales de haber sido cogida verde ó en tiempo lluvioso, lo que se conocerá viendo si es de color verdoso, si tiene algún olor á humedad, la superficie desigual ó se parte con la uña.

El trigo y el alazor son comida calmante y purgante; el primero es muy usado y cuando empieza á dárseles les produce alguna diarrea; pero pronto se acostumbran á él y desaparece este inconveniente; pero siempre le queda el de que engordan más fácilmente, adquiriendo grasa, lo que es perjudicial si han de utilizarse como mensajeras. Los cañamones y la colza son muy excitantes y no debe abusarse de ellos. La algarroba, que es muy usada en algunas partes, es muy alimenticia y tiene el incon-

veniente de contener un principio alcalino que las produce verrugas y úlceras en la garganta, que á veces se extienden al estómago y les produce la muerte. La avena y los cañamones tienen el inconveniente de atraer mucho á los ratones y por esta razón no deben tenerse almacenados y sólo usarse en la cantidad indispensable.

Á las palomas les gusta mucho que la alimentación que se les dé sea abundante y variada, y cuando se les da aquella que más les gusta, la comen con exceso, cosa que conviene evitar. Según las épocas conviene darles una más ó ménos excitante y nutritiva. Desde mediados de Febrero ó principios de Marzo, en que deberá empezar la cría, debe dárselas toda la alverja que necesiten, y después se les echan unos puñados de trigo y habas menudas ó cañamones, estos últimos en muy pequeña cantidad; cuando la estación esté algo adelantada y hagan viajes largos, se les dará sólo alverja é inmediatamente después de haberla comido, unos cañamones ó simiente de colza, calculando que un puñado regular basta para cada diez palomas; cuando empieza á estar adelantada la muda, es decir, á principios ó mediados de Agosto, se suprimen los cañamones y demás granos excitantes, y se les dará una mezcla, por partes iguales, de alverja y trigo, y al empezar el invierno se adoptará una alimentación ménos excitante todavía y que puede ser formada por la siguiente mezcla: 50 kilogramos de avena en espiguilla, 10 de cebada, 20 de trigo, 10 de habas menudas y 10 de alverja: en esta época es conveniente darles alguna ménos comida de la que acostumbren á tomar; después de cada reparto de ella deben quedarse con algo de hambre. El clima influirá mucho en la alimentación que deba dárselas durante el invierno, pues en sitios muy fríos deberá aumentarse algo la cantidad de alverja que se las dé. Respecto á la cantidad de granos que debe dárselos diariamente, es difícil precizarla de un modo exacto, pero puede apreciarse en 40 gramos diarios en las épocas normales y la mitad ó un poco más de ella durante el rigor del invierno; una observación constante vendrá á precisar en cada palomar la que debe dárselos, pues en países muy fríos y cuando se les someta á pruebas muy rudas habrá que aumentarles algo la ración.

Durante los meses en que viajen ó críen debe dárselos de comer tres veces al día, una al amanecer, lo más temprano posible, cuando tengan

pichones, pues estos tendrán el buche vacío, sus padres buscarán comida que darles, y si no la tienen á mano la recogerán por el suelo, dejando abandonados á los pequeños, que sufrirán hambre y frío; otra al medio día y la última una hora antes de anochecer. Durante la muda se harán las mismas tres distribuciones, y una vez acabada ésta, y durante el invierno, sólo se les dará de comer dos veces al día, á las ocho de la mañana y á las cuatro de la tarde. Para evitar de una manera más completa los inconvenientes de que por la mañana no encuentren comida las que críen, puede dejarse por la noche en los comederos una pequeña cantidad de grano, y mejor aún que ésto ponerlo en los nidos para que, sin salir de ellos, puedan tomarlos.

Algunos aconsejan que tengan siempre la comida á su disposición, pero entonces desperdician mucha y á veces comen más de la necesaria, razones por las cuales sólo debe emplearse este sistema cuando no haya una persona que pueda estar atenta á este servicio y hacer las distribuciones en la forma dicha, sobre todo en el invierno, pues si la alimentación que durante esta época tengan es excesiva, siguen criando, lo cual no es conveniente, y adquiriendo los machos antes de tiempo mucho vigor empiezan también la muda antes de lo debido. El distribuirles la comida á horas fijas tiene la ventaja de que se acostumbran ya á ello, y á la hora debida se reúnen todas en el palomar; algunos aficionados suelen dar un silbido ó hacer alguna otra señal al entrarlas la comida; de este modo, cuando se quiera reunir las basta hacer la señal acostumbrada para conseguirlo. Es tal la costumbre que llegan á adquirir, que aunque alguna vez se dejen los comederos en el palomar, no toman la comida sobrante y prefieren esperar á que les pongan la nueva, bien limpia, á la hora acostumbrada.

Es muy conveniente acostumbrarlas á conocer el mayor número de granos posible, pues de lo contrario, puede ocurrir en los viajes que no se encuentren aquellos que de ordinario se les dé y que se nieguen á comer otros; para conseguirlo se mezclarán en pequeñas cantidades, con los que ordinariamente coman.

Antes de poner los granos en los comederos deben limpiarse y cribarse para quitarles el polvo y tierra que contengan; también deben separarse los cuerpos extraños y los que estén agusanados, que no comen aunque estén mezclados con los buenos.

No basta darles la alimentación en la forma dicha, pues hay otros varios alimentos que, aunque en pequeñas cantidades, les son muy convenientes; el primero de ellos es la sal, que toman con avidez cuando se les da y no la tienen de continuo; es menester dársela con moderación, pues puede serles muy perjudicial que tomen demasiada; lo mejor es ponerles un pedazo de sal gema en los comederos, el cual tendrán que picar con fuerza para sacar algún pequeño pedazo; se las verá, cuando esto se haga, meter el pico en las hoquedades de la sal para beber el líquido salado que se forma en ellas. En vez de darles la sal sola pueden formarse panes en los que entren varios compuestos; los usados en los palomares militares se hacen de la siguiente manera: se mezclan 10 litros de tierra (caliza no yesosa) de demoliciones, 10 de grava menuda que no sea mayor que la alverja, 3 de sal, 4 de cáscaras de huevo secadas á fuego lento, 1 de huesos de jibia, desecados hasta que puedan romperse fácilmente con los dedos, y 1 $\frac{1}{2}$ de polvos de huesos calcinados; esta mezcla se amasa con la cantidad necesaria de agua, para formar una pasta espesa, echando al mismo tiempo medio litro de anís, se deja secar y se ponen trozos de ella en los comederos, durante la época de la cría y la muda, si bien en esta última debe echarse un kilogramo más de sal al hacer la mezcla.

La grava les es muy necesaria, pues todo el mundo las habrá visto picotear las paredes y buscar pequeñas chinas, que son un elemento que las facilita la digestión; las cáscaras de huevo ayudan al mismo objeto y proporcionan á las hembras la calcárea necesaria para formar la cáscara de las que pongan; los huesos de jibia y los polvos de hueso calcinado, dan vigor y consistencia á sus músculos y huesos, favorecen su desarrollo y evitan engorden demasiado.

Los demás componentes les son muy útiles como condimentos y los comen con avidez cuando los encuentran.

Si la mezcla mencionada no puede hacerse, no debe prescindirse de colocar un trozo de sal, el cual no estorba aunque se ponga también aquella.

Deben tener agua abundante y limpia, que debe renovarse todos los días; es muy conveniente que sea algo ferruginosa, para lo cual se echarán algunos pedazos de hierro en la vasija en que se conserve; está tam-

bién recomendado que se pongan en los bebederos pedazos de casco de caballo.

Algunos colombófilos aconsejan que, después de hecha la recolección, se las obligue á buscar la comida por el campo, obteniendo así, además de la economía consiguiente, algunas ventajas que, aunque no exentas de inconvenientes, es útil conocer. Para poner esto en práctica, á mediados de Julio no se les da, durante tres ó cuatro días, más que una comida escasa por la tarde; esto bastará muchas veces para que empiecen á buscar la que les falta, pero si no lo hacen, lo que puede ser debido á la falta de costumbre de comer en el campo, se las mete en una jaula, construída de modo que puedan sacar la cabeza por sus huecos y que pueda quitarse cuando se desee uno de sus lados; se las lleva á un campo de trigo que esté ya segado y recogida la mies, alrededor de la jaula se echan unos puñados de alverja y otros granos de aquellos á que estén habituadas; si sacan la cabeza y empiezan á comer, se quita con precaución por medio de una cuerda la parte móvil de la jaula, y entonces saldrán por el campo, en el cual recogerán cuanto les sea útil para su alimentación. Esta lección bastará para que en lo sucesivo vuelvan al campo siempre que tengan necesidad de comer y no puedan satisfacerla en el palomar.

Las ventajas de este sistema son: que acostumbrándose á comer en el campo, cuando se extravíen ó hagan viajes de gran duración, sabrán encontrar en él el alimento necesario; que de esta manera podrán encontrar algunos elementos que les serán muy convenientes y no encontrarán en el palomar; que durante la época de la muda harán un ejercicio muy conveniente, y que familiarizándose con los peligros á que se vean expuestas, aprenderán á evitarlos de mejor manera. En contra de estas ventajas hay varios inconvenientes: si se meten en otros palomares en busca de comida, pueden perderse; pueden ser víctimas de los cazadores de todas clases; de los gatos que permanecen escondidos, hasta que se aproxima alguna en la cual hacen presa; de las aves de rapiña, que una vez que conocen dónde pueden encontrar animales con que alimentarse, se acostumbran al sitio aquel y le hacen el predilecto para sus cacerías, y de los lazos que los dueños de los campos tiendan á otros animales dañinos.

En vista de estas ventajas é inconvenientes hay muy distintos pareceres sobre el particular: las condiciones de localidad y sobre todo el mayor ó menor respeto que á estos animales se les tenga en ella, deberán de servir de base para decidirse á emplear ó no este sistema, cuyas ventajas son de consideración.

Los cambios en el sistema de alimentación no deben ser bruscos, antes bien es conveniente ir haciéndolos paulatinamente, recomendándose por algunos, y lo está para los palomares militares, que al pasar del de invierno al de verano se las purgue en la forma que indicaremos más adelante.

RÉGIMEN DEL PALOMAR.

A lo primero que debe atenderse es á que en el palomar haya una gran limpieza, pues de que ésta sea más ó menos completa dependerán en gran parte las condiciones higiénicas del mismo, y, por lo tanto, el estado general de salud y vigor de las palomas. Para conocer si hay la debida, basta entrar en el palomar, pues, de ser algo deficiente, se nota el olor acre y poco agradable producido por la palomina.

El piso debe cubrirse con una capa de arena de 0^m,04 á 0^m,05 de espesor, y lo mismo debe hacerse con el fondo de los nidos, añadiendo á la arena una cantidad prudencial de flor de azufre, que contribuirá á evitar la producción de parásitos.

En los nidos deben colocarse unas cazuelas de barro sin vidriar, con las paredes verticales, de 0^m,20 de diámetro y 0^m,04 de altura (fig. 3 y 4); el objeto de estas cazuelas es facilitar la limpieza y evitar la humedad que producen los pichones.

La distribución de la comida deberá hacerse todos los días en la forma indicada al tratar de la alimentación; para este objeto pueden emplearse los comederos indicados en las figuras 12 y 13, que son de madera forrados de zinc; la canal que tienen todo alrededor, en la cual se echan las semillas, debe tener unos 0^m,08 de alto y 0^m,06 ó 0^m,07 de ancho. Si la comida hubiese de dejárseles continuamente, se adoptarán los

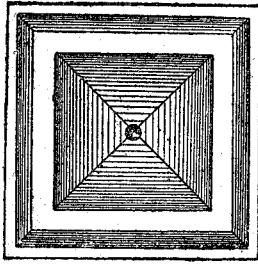


Fig. 12.

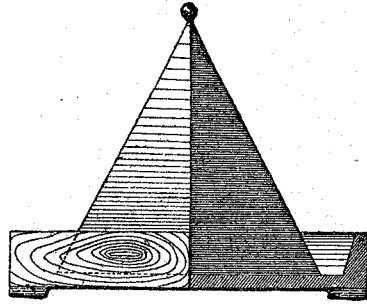


Fig. 13.

comederos de tolva, cuya disposición más sencilla está indicada en la figura 14; consiste sencillamente en dos tablas inclinadas que forman la tolva, desde la que cae el grano en un cajón de poca altura, en el cual cogen el que necesitan; el depósito de grano está tapado por dos tablas, que tienen el vuelo suficiente para impedir que caiga porquería á la comida. Estos mismos comederos pueden disponerse de modo que sólo se destape la comida al colocarse las palomas en una peana á propósito.

El agua debe ponerse en bebederos, de modo que siempre la tengan á su disposición y no puedan ensuciarla; los bebederos ordinarios de barro (fig. 15) son muy conocidos, y siendo de boca ancha, por la que

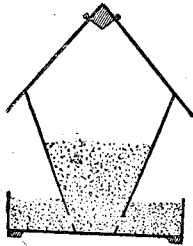


Fig. 14.

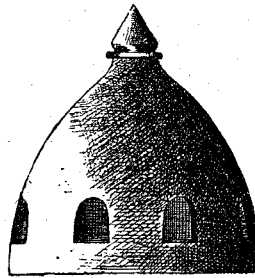


Fig. 15.

pueda meterse la mano para limpiarlos, son buenos, pero tienen el inconveniente de tener muy poca cabida, pues sólo se aprovechan los 6 ó 7 centímetros inferiores, y por eso se han substituido por otros que funcionan automáticamente á causa de la presión atmosférica: consisten en una vasija cerrada por la parte superior y que sólo tiene unos orificios

en la inferior que comunican con una canal que la rodea (fig. 16) ó con otros recipientes adosados á ella (fig. 17); mientras la cantidad de

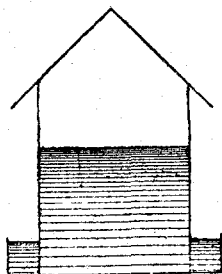


Fig. 16.

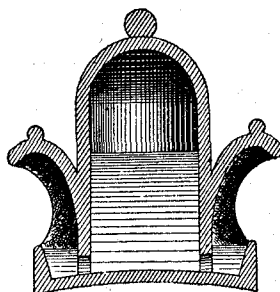


Fig. 17.

agua es bastante para tapar los orificios, la del depósito se sostiene por la presión atmosférica, pero en cuanto han consumido la bastante para que se descubra parte de ellos, entran unas burbujas de aire y sale igual cantidad de agua, la necesaria para volver á taparlos por completo. Para llenar este sistema de bebederos hay que ponerlos invertidos y después de echada el agua darles vuelta rápidamente; lo más cómodo es emplear un tubo, de forma apropiada para que uno de sus extremos pueda meterse en el bebedero puesto invertido, y por el otro, que deberá quedar más alto, echarse el agua.

Debe procurarse hacer una limpieza diaria, sobre todo en las épocas de cría, pues los pichones ensucian mucho. Para recoger la palomina del suelo se emplea un rastrillo con un mango de un metro de largo y una sola fila de dientes de 0^m,07 á 0^m,08 de largo, separados unos 0^m,003 uno de otro, y para quitar la que se adhiera á las paredes puede usarse un raspador, parecido al que usan los pintores, y una pequeña paleta de albañil, terminada en punta para poder llegar con ella á todos los rincones.

Durante los primeros días siguientes al nacimiento de los pichones no deben tocarse éstos; pero cuando ya estén algo crecidos y se juzgue pueda cogérselos sin peligro de hacerles daño, se les quitará el esparto ó espliego con que sus padres, hayan hecho el nido y se les pondrá otro nuevo en las cazuelas destinadas á este objeto, las cuales también se cambiarán si están sucias. Una vez que los pichones abandonen el nido, se limpiará cuidadosamente éste, quitando la arena del fondo, se blan-

queará con lechada de cal la parte de él que sea de mampostería, se lavarán las maderas con una disolución de ácido fénico y se recogerán las cazuelas para limpiarlas con toda escrupulosidad.

En los días despejados se abrirán las jaulas de salida para que puedan salir á volar libremente un rato alrededor del palomar.

Deberá observarse si hay alguna paloma que no coma, que esté triste ó mantuda, y se la examinará para ver si puede conocerse si está enferma, llevándola á la enfermería para evitar los contagios, que tan fáciles son.

Se observará cuáles son los pares que dan mejores pichones, los cuidan más y se desarrollan con más rapidez, y si éstos son de los que han dado buen resultado en los viajes y tienen terminada ó muy adelantada su educación, se les dejará sólo para reproductores, dedicando las demás á continuar su educación ó á experiencias.

No debe permitirse la cría durante la muda y el invierno; para esto creemos que el único medio eficaz es separar los machos de las hembras, lo cual puede hacerse, si no hay habitaciones bastantes para ello, colocando divisiones movibles, que son sencillamente unas mamparas de librillo, de altura próximamente igual á la del departamento en que han de colocarse (fig. 18) y que pueden moverse para que la jaula de entrada comunique con una ú otra parte del departamento. No es fácil distinguir los machos de las hembras, hasta que tratan de aparearse, en cuyo caso, el macho arrulla más fuerte, da vueltas alrededor de la hembra arrastrando las alas y la cola, y la persigue hasta hacerla entrar en el nido; en cambio ésta mete á veces su pico dentro del del macho. Los machos suelen ser algo mayores que las hembras y aparentan mayor robustez que éstas, pero no debe darse grande importancia á los caracteres exteriores, pues pueden dar lugar á equivocaciones; sin embargo, una gran práctica hace lleguen á distinguirse bastante bien. Esta dificultad obligará á que la separación de sexos no pueda hacerse desde luego con los pichones y haya de esperarse para ir haciéndola á medida que vaya conociéndose cuál tienen. Cada día no debe dejarse salir al exterior en este caso más que los machos ó las hembras para que no se reunan. Cerrando los nidos y limitando mucho la alimentación puede llegarse á conseguir que no críen aun estando juntos, pero no es tan seguro este sistema como el anterior.

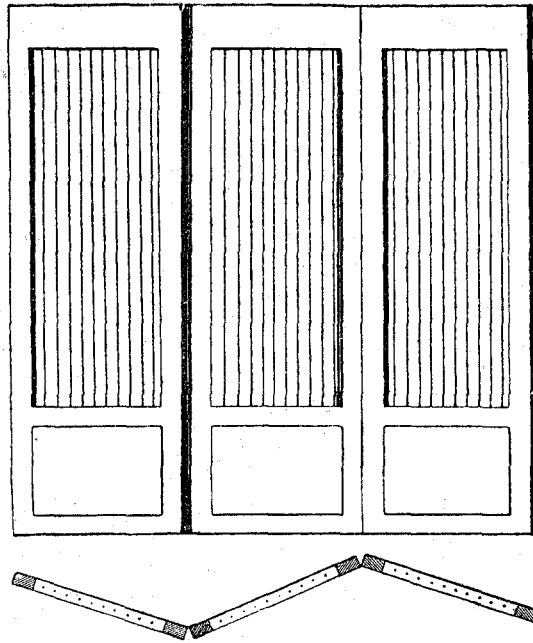


Fig. 18.

En modo alguno debe recurrirse al sistema de quitarles los huevos para evitar que críen, pues esto traería como consecuencia que las posturas se repetirían con demasiada frecuencia y se debilitarían mucho las hembras.

La reunión de sexos se hará de nuevo á mediados de Febrero ó principios de Marzo, cuando ya hayan pasado los mayores fríos, que perjudicarían mucho y hasta matarían á los pichones en los primeros días de su vida.

Una observación constante hace que lleguen á conocerse las cualidades de cada paloma, y sin compasión ninguna debe sacrificarse aquella que sea mala, pues sólo daños puede traer su permanencia en el palomar.

Respecto á los cambios de alimentación, ya hemos dicho lo necesario al tratar de ella.

Dos operaciones hay que hacer con mucha frecuencia en los palomares, y ambas exigen algún cuidado; son, el coger las palomas y el mar-

carlas. Para lo primero, lo mejor es dejar á oscuras el palomar y cogerlas sencillamente con la mano; no hay procedimiento más sencillo y ménos expuesto á estropearlas las plumas ó hacerlas algún daño. Algunos aconsejan se use una red semejante á las que los niños emplean para coger mariposas, pero de no tener una gran práctica es fácil lastimarlas. También se usa una jaula, que se adosa á una abertura que se haga en las puertas de entrada, y hecho esto se deja á oscuras el palomar y se las espanta, para que buscando la luz se metan en la jaula; pero no es cosa tan fácil de practicar como parece. Se facilita mucho esta operación conociendo á simple vista á todas las palomas, pues de este modo, sin vacilación ninguna, podrá cogerse la que se desee; para facilitar esto es muy conveniente no haya en el palomar, fuera del alcance de la mano, ningún saliente ó reborde en que puedan colocarse las palomas, pues éstas al verse acosadas se van á las partes más altas y no es fácil hacer que las abandonen. La mejor hora para cogerlas es poco antes de amanecer, cuando todavía, por la falta de luz, no se han movido del sitio en que hayan pasado la noche y en el cual se las puede coger sin ningún peligro de lastimarlas.

Una vez cogidas es fácil marcarlas: para esto se coge la paloma con una mano y con la otra se extiende el ala sobre una mesa ó tablero, y en esta disposición, una segunda persona pondrá, por medio de una pequeña presión, sobre las barbas de las plumas correspondientes, la señal ó señales que se deseen. Para esto se usarán letras, números y signos de caouchouc ó de metal; pero en este último caso es menester poner debajo de las plumas, al hacer la presión, una plancha de goma elástica. Las señales en las plumas de la cola se pondrán de igual manera, sin más diferencia que la de tener que separar con mucho cuidado, por medio de los dedos, las plumas distintas de aquella en que hayan de ponerse las señales.

Los números y letras que se empleen, conviene sean bastante grandes. Pueden colocarse en la parte exterior ó interior de las plumas; lo primero, permite verlos con más facilidad, pero se borran más pronto. El color de tinta mejor es el encarnado, que se destaca más sobre todos los de las plumas; pero para signos convencionales puede emplearse azul y de otros colores. También pueden emplearse para marcarlas, anillos

que se les colocan en las patas y que tienen ya grabados las señales ó números que se desean. Aparte de las señales particulares que cada aficionado ponga á sus palomas, creemos muy conveniente que todas las pertenecientes á una misma sociedad colombófila lleven una común, que podría muy bien ser su nombre y domicilio social.

Para tener durante todo el año palomas que puedan hacer viajes, habrá que hacer que unas cuantas adelanten la muda y que otras la atrasen: para lo primero, á principios de Julio se las mete en una habitación fresca, se humedece la arena del piso y se coloca un baño, cuya agua se renovará con frecuencia: al cabo de quince días pueden volverse al palomar y empezarán la muda, que terminará en Septiembre; para lo segundo, que es más difícil de conseguir, es menester no darlas durante el invierno más comida que la estrictamente indispensable, formada por granos que no sean excitantes, y durante la primavera y el verano se las somete á viajes muy frecuentes, con lo que se conseguirá que algunas retrasen la muda hasta Octubre. Haciéndolo todos los años con las mismas llegan á acostumbrarse á esta variación, y con muy poco que el aficionado ponga de su parte conseguirá tener todo el año palomas útiles para viajar. Los machos que no están apareados acostumbran á tener la muda muy retrasada.

Las palomas que se reciban de otros palomares, deben conservarse teniendo separados los machos de las hembras, á ser posible en habitaciones distintas, y de no serlo, en jaulones á propósito. Las habitaciones destinadas á este objeto han de tener iguales condiciones que las demás, pero no necesitan nidos y sí tan sólo posadores.

Las enfermas, si han de conservarse, hay que aislarlas también en un local ó jaula bien aireado y separado del resto del palomar.

La palomina debe sacarse, á ser posible, todos los días y llevarla fuera del palomar, conservándola para su venta, pues suele pagarse á muy buen precio por las excelentes condiciones que tiene para abono.

Cuando por estar enfermos ó de viaje no pueden los padres alimentar á los pichones, se les darán granos, que se hayan tenido algún tiempo en agua para que se dilaten todo lo posible, abriéndoles el pico, metiéndoselos en él y haciendo que lleguen al buche, pero con cuidado de no hacerles daño. Esto sólo podrá hacerse con los que ya están bastante creci-

dos. Debe no obstante evitarse á toda costa separar á la vez de los pichones al padre y la madre.

EDUCACIÓN DE LAS PALOMAS.

La educación de las palomas tiene por objeto, no sólo conseguir que se acostumbren á hacer viajes, sino también el contribuir al desarrollo de su instinto de orientación y de sus condiciones físicas, mediante un ejercicio conveniente.

Dos sistemas pueden seguirse al llevarla á cabo: el uno, lento y gradual, por etapas sucesivas, aumentando poco á poco la longitud de los trayectos que hayan de recorrer; otro violento, brusco, que consiste en llevarlas desde luego á distancias relativamente grandes, sin otra preparación preliminar que la de haberlas hecho volar durante algún tiempo alrededor del palomar. Los aficionados que establecen un palomar, deben seguir el primero, con objeto de poblarlo en un plazo breve de tiempo; pero una vez conseguido esto, y para hacer una verdadera selección en las palomas, podrán emplear el segundo, que, si bien trae consigo la pérdida de muchas, tiene, en cambio, la garantía de que las que vuelven al palomar son muy buenas.

Sea cualquiera el sistema empleado, hay que empezar por hacer que conozcan bien el palomar y sus alrededores; para eso, una vez que los pichones tengan mes y medio cumplido, se les da libertad, teniendo la precaución de haber soltado antes algunas palomas viejas, á las cuales se se unirán y tratarán de seguir en el vuelo; es conveniente esta precaución, porque las ya acostumbradas al palomar les servirán de guía y será más difícil que se pierdan; este ejercicio deben hacerlo hasta que tengan tres meses ó cuatro, si la educación ha de ser lenta, y un año si ha de hacerse violenta y brusca, pues en este caso conviene que adquieran robustez y desarrollo antes de empezarla.

Una vez que han cumplido los tres meses, un día despejado y sereno, se les lleva al amanecer, antes de haberles dado la primera comida, á un punto situado á un kilómetro del palomar y desde el que se vea éste, y se les suelta uno á uno: se les verá dar vueltas, cada vez de ma-

por diámetro, alrededor del punto de suelta, hasta que, por último, se dirigirán al palomar; al día siguiente se repite igual operación desde el mismo sitio y en los dos siguientes desde otros puntos, situados á 5 y 15 kilómetros de distancia al palomar; hecho esto, se les deja descansar dos días ó tres y se repiten luego las mismas sueltas desde otros puntos situados próximamente á las mismas distancias, pero en otra dirección, y así se sigue hasta haberlo hecho en la de los cuatro puntos cardinales, con lo cual se dará por terminada la educación preliminar. Seis días después se les llevará á 15 kilómetros de distancia en la dirección en que hayan de educarse y se soltarán; se les deja descansar cuatro ó cinco días y se continúan las sueltas aumentando las distancias prudencialmente y dejando entre ellas de cinco á ocho días de descanso, el cual debe aumentar á medida que los trayectos recorridos sean más largos. No es posible dar una regla fija para marcar la longitud de las etapas: algunos dan la de aumentar al último trayecto recorrido la longitud del anterior, lo cual daría las siguientes distancias: 5, 15, 20, 35, 55, 90, 145, 235 kilómetros. En las instrucciones vigentes para los palomares militares, se fijan como etapas puntos situados á 13, 40, 75, 100, 150, 240 y 300 kilómetros. En los palomares italianos se procura que se aproximen á 10, 15, 24, 35, 65, 90, 130 y 200 kilómetros. Muchas son las circunstancias que pueden influir en la longitud de las etapas: si se sigue un río, pueden aumentarse muy rápidamente las distancias sin peligro ninguno; en cambio, si se atraviesan montañas hay que disminuir la longitud de las etapas; colocar dos, una poco antes de la divisoria y otra poco después de pasada ésta, y en cada una de éstas hacer por lo menos dos sueltas consecutivas. Al llegar á una distancia de 200 á 300 kilómetros, debe darse por terminada la educación del primer año.

En el segundo año de educación se sigue la misma marcha, empezando á unos 15 kilómetros y aumentando rápidamente las distancias á 40, 100, 150, 200, 300, 400, 500 kilómetros. El aumento de distancia debe hacerse, próximamente, de 100 en 100 kilómetros, teniendo en cuenta lo ya dicho respecto al paso de las divisorias y al curso de los ríos.

En el tercer año se puede llegar á 1000 kilómetros, aumentando las distancias, próximamente, de 150 en 150.

Estas son ideas generales: la hidrografía y topografía del país influyen de una manera marcadísima en el resultado de la educación; mucha influencia tiene también en ella la práctica del aficionado, pero hasta adquirir ésta conviene ser prudente, teniendo en cuenta que no por ir más de prisa ha de llegar más pronto al punto que se proponga.

Las sueltas no conviene hacerlas en bandos muy numerosos; pero tampoco precisa se hagan paloma á paloma, pues se perderían muchas y acaso algunas de las que se perdieran pudieran dar buenos resultados, cuando la misma educación las hubiera desarrollado el instinto.

La época conveniente para empezar la educación es el mes de Marzo y no debe prolongarse más que hasta principios ó mediados de Agosto, pues en esta fecha la muda está ya bastante adelantada y se levanta, en parte, la veda, circunstancias ambas que contribuirían á que se perdieran bastantes, aunque sus condiciones fueran buenas, si se las sometiera á viajes muy frecuentes.

Como medio rápido y violento, el Dr. Chapuis cita uno, que consiste en llevarlas en el mes de Septiembre, después de haberlas tenido comiendo en el campo, á 125 ó 150 kilómetros y soltarlas: indudablemente que la que vuelva ha de tener grandes condiciones.

Puede adoptarse un procedimiento intermedio, soltarlas primero á 25 ó 30 kilómetros y aumentar las distancias á 75, 150 y 250 kilómetros, el primer año; partir al siguiente de 75 kilómetros y llegar á 700 aumentando 150 á 200 kilómetros de suelta á suelta, pero dejando bastantes días de intervalo de una á otra.

Cuando los viajes que hagan sean muy largos, debe dejárselas descansar hasta quince días y tan sólo deben hacer uno de 1000 kilómetros en cada temporada.

Las sueltas durante la educación deben hacerse en días despejados y serenos, pero una vez adelantada ó ya terminada deben hacerse algunas en días lluviosos, cubiertos ó de viento, para que se acostumbren á luchar con estos inconvenientes, que frecuentemente encontrarán cuando se las utilice con un fin práctico.

Algunos aconsejan que al hacer las primeras sueltas se disparen armas de fuego, para que, asustándose, eleven algo el vuelo; es una precaución que no está demás; las que á pesar de esto no se eleven lo bas-

tante pueden considerarse inútiles, pues estarán constantemente expuestas á ser cazadas.

Aunque se termine la educación no debe dejarse descuidadas las palomas, al contrario, debe obligárselas á hacer algunos viajes, lo que además de contribuir á conservar sus facultades, es muy conveniente para su salud. Con palomas muy escogidas pueden hacerse sueltas, después de educadas en una dirección, desde puntos situados en otras, con grandes probabilidades de que vuelvan al palomar.

Empleando cualquiera de los sistemas descritos, se comprende que las palomas sólo aprenden á volver á su palomar, lo que obligará á que, cuando se trate de establecer comunicación entre dos puntos, se haga un cambio preliminar de palomas entre uno y otro; esto puede evitarse cuando se trata de distancias pequeñas, haciendo la educación para viajes de ida y vuelta. El fundamento de esta educación es acostumar á las palomas á que llenen parte de sus necesidades en un palomar y parte en otro, con lo que se conseguirá que, por su propia voluntad y acosadas por una necesidad no satisfecha, vayan periódicamente al sitio en que saben han de encontrar lo que les es necesario. Sentado esto, se comprende que, si en el palomar en que crían no tienen comida y se les ha enseñado preliminarmente el sitio en que la hay, vayan á buscarla á él. Igualmente, si en un punto se las da de comer y se las enseña á ir á beber á otro, se acostumbrarán á ir á buscar el agua al punto en que saben la tienen. Cabe igualmente en lo posible el obligarlas á hacer viajes circulares, dándolas de comer y beber en palomares distintos entre sí y de aquel en que vivan y críen; pero no tenemos noticia de que esto se haya llevado á la práctica. La educación de ida y vuelta se ha hecho entre París y Versalles, situados á 18 kilómetros, y entre Roma y Civita-Vechia, distantes 65 kilómetros en línea recta.

El método general para llevar á cabo esta educación, consiste en hacerla, primero, por etapas muy próximas entre los dos puntos, y después de que conozcan bien el camino, quitarles de su palomar aquello que se desea vayan á buscar á otro, por ejemplo, el agua; y durante varios días consecutivos, se les lleva á beber al punto elegido, con lo cual se tienen grandes probabilidades de que al dejarles en libertad en su primitivo palomar, en el cual no tienen agua, vayan á buscarla al sitio en que

saben la hay. Desde luego se comprende que es menester conozcan muy bien el camino que han de recorrer en ambos sentidos, y para esto tratándose de distancias no muy pequeñas y entre puntos que las palomas, al elevarse al volar en el que esté situado el palomar, no vean el otro; convendrá hacer antes una educación preliminar en sentido inverso.

El capitán Malagoli, del ejército italiano, ha hecho sobre este particular experiencias, las más completas de que tenemos noticia, entre Roma y Civitta-Vechia, distantes 65 kilómetros. La marcha de ellas fué la siguiente: en el mes de Marzo de 1887 pobló el palomar de Civitta-Vechia, con pichones de un mes, próximamente, de edad, que para el caso era como si hubieran nacido en él; á los cinco días los dió libertad y al cabo de mes y medio los educó hasta Roma en cinco etapas á 9, 17, 32, 46 y 65 kilómetros; una vez llegado á esta última población, los encerró primero un día, luego dos, cuatro y seis, y siempre que les dejaba libres volvían á Civitta-Vechia; poco á poco fueron así familiarizándose con el palomar de Roma y, por último, los hizo criar en él, con lo cual le tomaron querencia. En el mes de Septiembre les dió libertad, algunos volvieron á Civitta-Vechia, y se abandonó la experiencia que con ellos se hacía, pero con los restantes se continuó, para lo cual, pasados veinte días más, se les educó en sentido contrario al anterior; una vez hecho esto, se los llevó dos veces más á Civitta-Vechia, y por último se les suprimió la comida en Roma durante dos días, al cabo de los cuales se los llevó á comer á Civitta-Vechia y esto se repitió durante ocho días y después se los dejó sin comer en Roma, hasta que ellos se decidieron, después de varias vacilaciones, á ir á buscar la comida á Civita-Vechia.

Otros muchos sistemas se pueden idear, siendo, á nuestro juicio, el más sencillo educarlas por etapas muy cortas entre los dos puntos, dándolas de comer en el palomar y de beber al hacer la suelta, cosa que se repetirá varias veces al llegar al extremo del trayecto que haya de recorrerse; y por ultimo, cuando ya conozcan bien el camino, al soltarlas después de comer, irán á buscar el agua donde saben la hay.

Para hacer esta educación no deben emplearse más que machos ó hembras, con preferencia los primeros, para no dejar abandonados á los pichones que críen, y deben emplearse palomas que no estén acostumbradas á buscar la comida en el campo, pues se comprende que entonces

el privarles de ella ó del agua, sólo serviría para que fueran á buscarla á él. El ayuno no debe pasar de cinco días, al cabo de los cuales, si no van al otro palomar á buscar comida, hay que llevarlas á él para completar la educación, que habrá sido deficiente. Para obligarlas á ayunar se las encierra á las horas de distribuir la comida en jaulas preparadas con ese objeto, pues no conviene sacarlas de la habitación á que tienen querencia.

TRANSPORTES.

A principios de siglo, cuando empezaron á establecerse las Sociedades colomófilas, los transportes de las palomas se hacían en carros, á los que sujetaban aros y sobre ellos se ponía, en forma de bóveda, una tela que los cubría por completo; en el interior se colocaban posadores, un bebedero y comida. Llegados al punto se suelta, se daba libertad á las palomas, que iban en el interior del carro, levantando la tela que le cubría. Estos viajes eran de poca longitud, de Verviers ó Herve á Spa, Maestrich, ó Aix-la-Chapelle (Chapuis, *Le pigeon voyageur*); indudablemente, es un gran medio de transporte, que fatigaría muy poco á las palomas. Posteriormente se recurrió á canastos divididos según su altura en cuatro ó cinco compartimentos, capaces cada uno de contener de seis á diez palomas; estos los transportaban hombres que hacían diaria mente jornadas de ocho á diez leguas, no llevando cada uno arriba de 50 palomas, carga más que suficiente; este procedimiento es bastante más penoso y las cansa mucho, sobre todo en viajes largos; pero es el único posible en malos caminos y á él habrá que recurrir, transportando estos canastos á la espalda, de una manera parecida á como los pasiegos llevan los cuévanos y los soldados la mochila, cuando se trate de servicios militares, en sitios donde no haya carreteras ni ferrocarriles, cosa frecuente en regiones montañosas.

Las jaulas que hoy se emplean son, en general, del modelo belga, de diversos tamaños, proporcionado al número de palomas que hayan de contener; es conveniente que éste no sea mayor de cincuenta; algunos son partidarios de que sean completamente cerradas, no teniendo más

que unos pequeños agujeros en la parte superior; otros las ponen en su interior unas telas muy tirantes para evitar que puedan golpearse las palomas contra sus paredes, precaución que no es necesaria, y otros las prefieren con aberturas todo alrededor, que es lo más higiénico y conveniente. Como es preciso darles de comer y beber, es necesario que la jaula esté dispuesta de modo que pueda hacerse, y mejor que de ninguna manera por la parte de afuera, haciendo los comederos y bebederos de quita y pon. Los dos tipos de jaulas reglamentarias en nuestros palomares, satisfacen á esta condición: el uno, para viajes por caminos ordinarios, está indicado en las figuras 19 y 20, y todo él está construí-

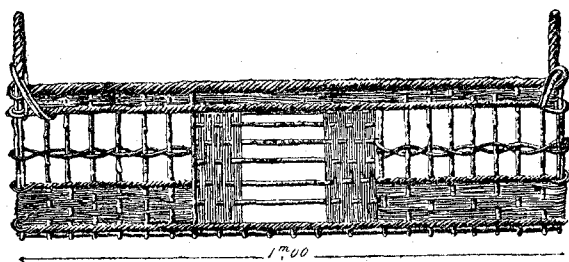


Fig. 19.

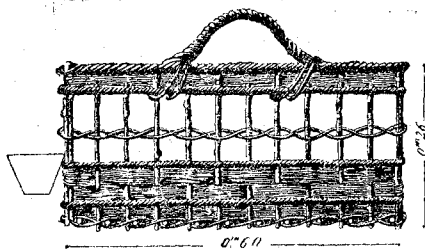


Fig. 20.

do de mimbre; el otro (figs. 21 y 22), es dedicado á los transportes por ferrocarril, y es de madera y alambre: su solidez es grande, pero es muy pesado y embarazoso.

Las jaulas de mimbre, de las cuales hay varios tamaños, no son fáciles de construir; sólo en algunos sitios las hacen, pues es difícil encontrar un cesterero que haga objetos de forma rectangular; pesan muy poco,

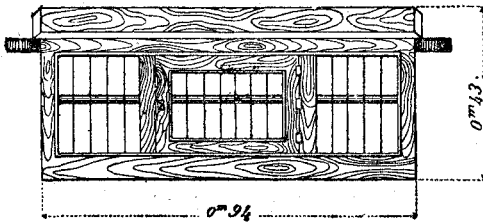


Fig. 21.

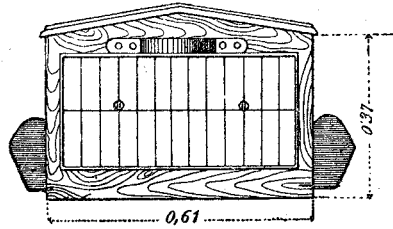


Fig. 22.

pero en cambio se quiebran los mimbres con facilidad, sobre todo en tiempo caluroso, en que se secan mucho, y si su fondo es también de mimbre, es muy difícil de limpiar.

Todas estas razones han hecho pensar en su modificación, y efectivamente, en los talleres del Establecimiento central de Ingenieros, situados en Guadalajara, se han construido ya algunas de madera y alambre, muy ligeras, que satisfacen perfectamente á las condiciones que deben tener: su fondo es de tabla, y sobre él se puede echar una capa de cascá pulverizada ó serrín.

Las dimensiones de estas jaulas no pueden fijarse, pues será preciso se adapten bien á los medios de transporte que hayan de emplearse; la única fija es la altura, que debe ser próximamente de 0^m,35, no conviniendo que su longitud pase de 1^m,40, ni su anchura de 1^m,00. Para las sueltas en bando es preciso que además de la abertura de uno de sus lados, que debe tener unos 0^m,30 á 0^m,35 de largo, sea movable alguno de ellos; uno de los medios de conseguir esto es hacer la cubierta en forma de tejadillo á dos vertientes, de modo que gire una de ellas alrededor de la arista superior; pero, según nuestra opinión, es mucho mejor que se abata sobre el suelo uno de los lados largos ó que pueda quitarse por un procedimiento cualquiera que sea muy rápido. Decimos esto, porque al salir las palomas, y antes de coger el vuelo, dan unos cuantos pasos muy precipitados, como si quisieran tomar carrera, para tomarlo mejor, y esto sólo pueden hacerlo con la disposición que aconsejamos.

La primera condición de toda jaula debe ser la seguridad de las palomas: éstas, durante el transporte, están expuestas á ser robadas, si la jaula está mal acondicionada, ó pueden, entre dos de las varillas que for-

man el enrejado, meter la mano y sacar alguna; lo están á los gatos, que pueden meter las patas de igual manera, y á los ratones. Esto ha hecho que muchos se decidan por hacerlas completamente cerradas, con sólo unas aberturas para ventilación y para que puedan beber, pues la comida se la echan en el interior de ellas, cosa que no creemos muy conveniente. Después de esto, fácil es saber la separación que debe haber entre las varillas que formen la jaula por los lados: ha de ser suficientemente ancha para que las palomas saquen la cabeza para beber y comer, y lo bastante pequeña para que no pueda nadie meter la mano entre ellas y tratar de coger alguna; unos 0^m,04 ó 0^m,05 es la preferible; hasta cierta altura unos 0^m,03 ó 0^m,10 sobre el suelo de la jaula sin inconveniente ninguno, y, aun con ventajas, debe ser muy tupido su enrejado, y hasta es mejor que sean completamente cerradas, y sobre el borde de esta parte (fig. 20) se sujetan los comederos y bebederos, que deben de ser de zinc, de 0^m,06 ó 0^m,07 de profundidad y 0^m,10 de anchura, pudiendo muy bien ser de sección trapecial, teniendo este ancho por la parte superior y la mitad en la inferior.

Las jaulas deben tenerse muy limpias, con objeto de evitar que puedan servir para que las palomas adquieran en ellas parásitos, y para esto es muy conveniente que el tablero del fondo sea de quita y pon, cosa muy fácil de conseguir, sobre todo cuando se hace movable uno de los lados, pues bastará para ello colocarlo simplemente apoyado sobre unos listones y sujeto con unas aldabillas.

Las precauciones que deben tomarse para el transporte son, como hemos dicho, echar sobre el fondo una capa de 0^m,03 ó 0^m,04 de casca pulverizada, ó en su defecto serrín, lo que es preferible á la paja partida que algunos emplean, y sobre todo á la arena, que tiene el inconveniente de formar con la palomina un compuesto, que se adhiere á las patas de las palomas, y adquiere una gran dureza, lo cual puede producir grandes males; meter con gran cuidado las palomas en la jaula, no haciéndolo sino con aquéllas que estén completamente buenas y sanas, y cerrarla perfectamente; para esto, además de correr las aldabillas ó pasadores que sirvan para este objeto, se precintarán, atándolas con una cuerda fuerte ó que tenga un núcleo de alambre, el cual precinto no deberá soltarse hasta el momento de tener que hacerse los preparativos para la

suelta, á no ser que cualquier suceso imprevisto obligara á ello de un modo preciso.

No deben llevarse en una misma jaula machos y hembras, y mucho ménos aún si están apareados; cuando sea necesario hacerlo, deberá dividirse la jaula en dos departamentos, para lo cual bastará atravesar en ella un pedazo de lona, de anchura y altura poco menores que la de la jaula, y extenderlo fuertemente por medio de unos cordeles, con los que se atará á los travesaños de ella. No hay inconveniente, antes bien podría ser favorable para el servicio en algunos casos, el que las jaulas tengan una división central; entonces han de tener dos portezuelas, una para cada departamento.

SUeltas.

Una de las causas que directamente influyen en el resultado de los viajes de las palomas mensajeras, son las condiciones en que se verifican las sueltas, pudiendo casi asegurarse que una suelta hecha en buenas condiciones, y en que las palomas estén en buen estado, ha de darlo bueno. Lo primero que hay que hacer es reconocer las alas y las patas de todas las palomas, viendo si las primeras están bien, si las mueven con rapidez y fuerza, tratando de cerrarlas cuando se las extienden, y si las plumas están en buen estado y completas; la falta de una remera ya influye en la velocidad que obtengan en el viaje. Las patas deben tenerlas también en buen estado y perfectamente limpias, para que durante el vuelo puedan plegarlas contra su cuerpo, y si les es preciso posarse ó pararse en algún punto, puedan hacerlo sin molestias; la experiencia ha demostrado que una paloma que siente molestia en las patas, tiene un vuelo incierto y de poca duración.

El estado atmosférico debe tenerse también muy en cuenta, por más que en viajes largos, y sobre todo en nuestro país, atravesado por varias cordilleras, no puede juzgarse por el que haya en el punto de la suelta, del que habrá tal vez á pocos kilómetros; además, las palomas destinadas á un servicio de comunicaciones se verán obligadas á hacer viajes en condiciones desfavorables, y así será conveniente que después de he-

cha su educación en tiempo bueno y reuniendo todas las condiciones exigibles, se las vuelva á soltar con otras peores desde los mismos puntos de que ya hayan vuelto, á no ser que sean tan malas, que sea una verdadera temeridad el hacerlo. Hemos presenciado sueltas verificadas en día de fuerte viento, y á pesar de ello, la gran mayoría han vuelto, si bien á veces en muy mal estado, prueba de la fatiga y cansancio que habían experimentado en el camino. En general, en días de sol y despejados, sea cualquiera la dirección del viento, la temperatura y la estación, pueden hacerse sueltas en buenas condiciones; deben, en cambio, evitarse las sueltas cuando, estando el tiempo nublado ó lluvioso, haga viento norte, haya brumas, tempestad ó lluvia fuerte, y durante las nevadas y granizadas.

La hora de la suelta debe ser siempre tal, que haya tiempo sobrado para que lleguen al palomar antes de que sea de noche, debiendo, siempre que sea posible, hacerse por la mañana al salir el sol, y aun un poco antes, si el trayecto que han de recorrer es muy largo.

Fuera de algunos viajes de preparación, en que convenga no darlas de comer para que el deseo de alimento las haga volver desde luego al palomar, se las debe siempre dar de comer y beber antes de la salida, aun cuando los viajes sean de poca duración. Hemos tenido ocasión de hacer comparaciones, soltándolas de las dos maneras, y los resultados han sido, con gran diferencia, mucho mejores después de haber hecho una comida nutritiva; para esto convendrá que lleven los encargados de hacerlas granos en cantidad suficiente para este objeto, pues no se encuentran en la mayoría de los sitios en las buenas condiciones en que es necesario estén, ni tampoco de la clase que se desea, siendo preferible en estos casos la alverja á cualquier otro grano.

Es también necesario cuidar de que, después del viaje y antes de la suelta, hayan descansado lo suficiente, pues es tal el cansancio que sufren, sobre todo en transportes por carreteras, y más aún por caminos de herradura, que sería una imprudencia soltarlas cuando aún no han descansado lo bastante, para lo cual son precisos á veces varios días: fácilmente se conoce el cansancio que tienen por el estado de animación en que se encuentran dentro de las jaulas. Siempre que el descanso sea largo y sea posible, por haber otros palomares en el punto de suelta, de-

jarlas libres en una habitación, deberá hacerse, pues se repondrán más pronto y mejor que dentro de las jaulas, en las que siempre tienen bastante incomodidad, no debiendo perderse de vista la necesidad de que no se unan los machos y las hembras. También deberá dejárselas descansar algún tiempo, después de haberlas atado los despachos, cuando se trate de sueltas para servir de comunicación, ó ponerlas los sellos ó señales que garanticen que el punto elegido para la suelta es verdaderamente el señalado, si se trata de concursos.

Para servicios ordinarios se organizará la suelta en la forma que las circunstancias exijan y sea posible, según el número y clase de palomas disponibles; para los concursos no tiene esto tanta importancia, pues el objeto principal es la mayor velocidad, y para apreciar ésta, lo que es de absoluta precisión es que salgan todas al mismo tiempo. Las jaulas deberán permitir la suelta en banda, bien levantándose la parte superior ó, lo que es mejor, dejando caer uno de los lados más largos, que se abata contra el suelo; todas las jaulas deberán abrirse al mismo tiempo, para lo cual habrá un encargado de abrir cada una, y todos lo harán á la señal ó voz del que dirija la suelta. En este caso, y cuando se trate de experiencias sobre velocidades, deberá cuidarse de que vayan acordes los relojes del encargado de hacer la suelta y los del palomar. Con las velocidades tan grandes con que vuelan las palomas, un error de apreciación de pocos minutos, puede á veces dar diferencias notables al apreciar la que han obtenido.

Deberá buscarse para hacer la suelta un sitio despejado, y si es posible algo elevado sobre el resto del terreno, y no deberán espantarse violentamente para que tomen el vuelo á aquéllas que por cualquier circunstancia se posen en algún punto de las inmediaciones; sólo se hará esto en algunas sueltas de educación para que se eleven á altura conveniente.

Para que en un vuelo sostenido no se fatiguen mucho las palomas, es muy conveniente que en el aire haya algo de humedad, siendo ésta una de las razones porque se considera tan buena dirección la de San Sebastián á Bélgica, pues los vientos reinantes vienen casi siempre del mar, y, por tanto, impregnados de humedad; un ambiente seco y caluroso las fatiga y acaba por hacer su marcha penosa é incierta; por estas

razones deben preferirse para las sueltas los días en que, siendo claros y serenos, se ven, sin embargo, á trechos, ligeros celajes, indicio de la humedad atmosférica.

HIGIENE DEL PALOMAR.

I.

PRECAUCIONES GENERALES.

Las buenas condiciones del local en que esté situado el palomar, que la alimentación sea muy buena y la limpieza esmerada, son las mejores garantías para que su higiene no deje nada que desear; pero de todos modos es preciso indicar algunas precauciones, que es bueno tomar, con objeto de asegurarse más en punto tan interesante, é indicar también los remedios que conviene emplear en algunas enfermedades.

Para destruir los insectos, se completa la limpieza blanqueando los paramentos de los muros con una lechada de cal, á la cual se agrega un 2 á un 4 por 100 de ácido fénico, lavando todos los paramentos de las maderas con una disolución de 2 kilogramos de sal en 20 litros de infusión de camomila ó manzanilla, y cambiando la arena del piso y de los nidos, á fin de Mayo, mediados de Julio, y fines de Agosto.

Las épocas en que las palomas están más expuestas á contraer enfermedades, son la primavera y la de la muda; siendo las más frecuentes en la primavera, las úlceras, ronqueras, verrugas y viruelas, y durante la segunda, las úlceras, indigestiones, diarreas, apoplejías y artritis; produciendo, sobre todo las úlceras, si no se las pone oportuno remedio, considerables bajas; esto ha hecho se hagan estudios sobre este asunto, y en el palomar central de Guadalajara, que tanto se atiende á cuanto se refiere á estos útiles volátiles, se ha visto que pueden disminuirse en unos 75 por 100, tomando algunas precauciones: la primera, consiste en darles, como ya hemos indicado, agua de hierro, y colocar en los bebederos pedazos de casco de caballo; la segunda, en purgarlas con sal de higuera dos días antes del cambio de régimen de invierno á primavera, y al impedirles críen por empezar la época crítica de la muda. Para purgarlas se las quita el agua el día anterior, después de la distribución

de alimento de mediodía, y se las tiene encerradas sin darlas nada de beber; al día siguiente, por la mañana, se las ponen los bebederos, con la mitad de la ración ordinaria, de una disolución de 80 gramos de sal de higuera en litro y medio de agua, y después de medio día se substituye por agua limpia y abundante. La cantidad dicha de 80 gramos de sal y litro y medio de agua puede tomarse como tipo para cada 25 palomas.

Cuando una paloma esté triste, se meta en un rincón, no coma y tenga las plumas erizadas, será, en general, señal de que está enferma; tanto en este caso como en el de llegar muy estropeada, á causa de la fatiga del viaje, del mal tiempo, asustada por haber corrido algún peligro, ó herida, es muy conveniente darla unas gotas de vino caliente, que en la generalidad de los casos bastarán para reanimarla y volverla á su estado normal. Cuando llegue alguna herida, hay que extraerla todos los cuerpos extraños que tenga en el interior de ésta y lavársela muy bien con agua clara, ligeramente fenicada, á ser posible, y en caso de necesidad se la dan unos puntos de sutura.

En la generalidad de los casos, sobre todo cuando se trate de una herida superficial y extensa, será muy conveniente evitar que quede bajo la acción del aire, y del contacto y picadura de los insectos, para lo cual puede cubrirse con una mezcla de aceite de olivas y ceniza de carbón vegetal, bien tamizada, en cantidad bastante para formar una pasta fácilmente manejable; procedimiento que hemos visto producir muy buenos resultados al ser empleado.

Cuando una paloma enferme, como regla general debe matarse; pues sobre ser muy difícil su curación, entre otras razones, por no conocerse muchas veces lo que tiene, hay siempre algún peligro de contagio; sólo cuando se trate de alguna de condiciones sobresalientes, hasta tal punto que convenga á toda costa conservarla, deberá intentarse su curación. Lo primero que hay que hacer es llevarla á la enfermería, pues casi todas las enfermedades son contagiosas, y algunas de tal modo, que en pocos días acaban con un palomar, por numeroso que sea; y luego tratar de averiguar, por un examen escrupuloso de ella, qué enfermedad tendrá, y aplicar en vista de ello los remedios recomendados, respecto á los cuales creemos lo más oportuno copiar los prescritos por las instruccio-

nes oficiales, para el servicio de los palomares militares, que son muy completas para todos los casos.

II.

ENFERMEDADES DEL APARATO DIGESTIVO.

ÚLCERA AMARILLA, LLAMADA MAL BLANCO.—Esta afección se caracteriza por el desarrollo de membranas amarillas sobre la mucosa del pico y del exófago, que al principio son aisladas, pero que se unen rápidamente hasta cubrirlos por completo; la paloma destila pus fétido, acompañado de partículas amarillas que se desprenden bajo forma de bolas más ó ménos duras, que, recorriendo todo el tubo digestivo, paralizan total ó parcialmente sus funciones. En algunos casos la secreción se verifica interiormente, sin que ninguna señal exterior acuse su existencia.

Ordinariamente se presenta esta afección en la época de la muda, y como se desarrolla con rapidez y es muy peligrosa, es indispensable precaver sus efectos, administrándolas desde luego cuatro píldoras de ruibarbo, de un cuarto de gramo cada una, en dos dosis, con intervalo de seis horas, durante tres días consecutivos.

Si apareciesen las membranas amarillas en la mucosa del pico, se las desprende, valiéndose de la extremidad gruesa de una pluma del ala, cauterizando las llagas, por medio de un pincel, con una disolución de sulfato de cobre ó de alumbre, que no exceda del 6 por 100.

En el caso en que las membranas hubiesen llegado á invadir el exófago, se toma una pluma del ala ó de la cola, y después de haberla mojado en la referida disolución, se la introduce hasta el estómago, imprimiéndola un movimiento de rotación.

Esta operación se efectúa una sola vez al día, hasta que hayan desaparecido por completo las membranas, administrándola además diariamente dos píldoras de ruibarbo de un cuarto de gramo.

La alimentación se compondrá de trigo nuevo de primera calidad, bien seco, un poco de cañamones y pan, agregando una parte de hojas de acedera ó de ortigas, y para beber, una mezcla en partes iguales de leche cruda y orines.

INDIGESTIÓN.—Puede provenir de la calidad ó de la cantidad de los

alimentos ingeridos; en el primer caso es poco peligrosa, siempre que no sean venenosas las substancias ingeridas, puesto que las palomas las arrojan con facilidad; pero cuando pudiera temerse que la indigestión fuese motivada por esta última causa, se la administran cuatro píldoras de ruibarbo, de un cuarto de gramo, con seis horas de intervalo, con lo cual se consigue ordinariamente la expulsión de las semillas venenosas.

La indigestión que proviene de la cantidad de alimentos ingeridos, se reconoce por la dureza que al tacto se nota en el buche, excesivamente distendido y repleto, así como el tercer estómago, que por haber recibido los alimentos ligeramente impregnados del jugo gástrico funciona con irregularidad.

En este caso, es preciso ablandar su contenido por medio de los dedos, procurando conducir los alimentos hacia la parte superior, y provocar al mismo tiempo el vómito, valiéndose de una pluma que se introduce en el interior del pico; si esto se consiguiera, basta hacerla beber un poco de agua vinosa con el objeto de tonificar el estómago.

Si las operaciones referidas no produjesen la expulsión, es preciso proceder á la abertura del buche. Para esto se cortan algunas plumas de la parte alta del buche; sobre la parte desnuda se practica con un bisturí ó con unas tijeras de punta una incisión que alcance á la piel y á la mucosa; se vacía el buche, se inyecta en él un poco de agua vinosa tibia y se cierra la incisión por puntos de sutura, sirviéndose de una aguja con seda. Al efectuar este cosido es preciso tener cuidado de hacerlo del interior al exterior, ó sea de la mucosa á la piel, evitando con cuidado que queden plumas entre los bordes de la herida, pues de este modo la curación es mucho más rápida.

Se recomienda que la incisión se haga en la parte alta del buche, para evitar la salida del agua por la sutura al beber la paloma durante la curación.

LA LADRA.—Esta enfermedad, más fácil de prevenir que de curar, es motivada por la permanencia en el buche del líquido que segregan las foliculas mucosas que tapizan su cara interna en las palomas que se ven privadas de poderlo suministrar á sus pichones, bien por haber muerto estos últimos ó por ser preciso someterlas á viajes de larga duración en los tres ó cuatro días que preceden ó siguen al nacimiento de aqué-

llos. En estas circunstancias la paloma permanece inmóvil, se la abulta y endurece el buche; pero á diferencia de la indigestión, el endurecimiento no es general, sino que se notan tan sólo al tacto grumos aislados, se erizan sus plumas y deja de comer en absoluto.

Para prevenir el progreso del mal, que indudablemente causaría la muerte de la paloma, se la colocan en el nido otros pichones, si los hubiera, y en caso contrario se encierra al par enfermo dentro de un nicho en el cual se coloca una vasija con agua fresca; después de veinticuatro horas de dieta se deja en libertad al macho, y si se observa en él mejoría, se da á la hembra algunos granos de trigo; transcurridos dos ó tres días de cautividad, se da libertad á la hembra si su estado mejorase.

En caso contrario se la pone á dieta rigurosa y se la purga con rui-barbo; si no obstante este tratamiento se nota que la paloma sigue triste y continúan todavía en el buche grumos endurecidos ó alimentos sin digerir, es preciso practicar la incisión en el buche en la forma que se indicó.

DIARREA.—Es una enfermedad bastante común en los palomares, sobre todo entre los pichones, y que reconoce por causa principal la falta de limpieza de los nidos y bebederos. La paloma que se halla en este caso, hace frecuentes deyecciones fétidas, completamente líquidas y de color gris; su pluma pierde su tersura ordinaria y sus alas están sucias y caídas; cuando además de estos síntomas tiene roja la epidermis de las patas, es preciso obrar con energía, puesto que se halla en el período más grave.

El remedio más eficaz es hacerla tomar una tisana de raíz de granado dos veces al día, mejorar las condiciones higiénicas del palomar, aumentar la ventilación, cambiar los alimentos por otros más secos, y vigilar, sobre todo, la limpieza de los bebederos.

III.

ENFERMEDADES DE LOS ÓRGANOS RESPIRATORIOS.

CATARRO NASAL ó TOS.—Se reconoce por la abundancia de mucosidad que arroja por las narices, sobre las cuales se aglomera, y endurecién-

dose, termina por obstruirlas; es necesario quitar esta mucosidad dos ó tres veces por día, por medio de un trozo de esponja mojada en agua tibia, colocar la paloma en un lugar caliente y darla todos los días cuatro píldoras de ruibarbo.

Si la tos fuese originada por la presencia en la glotis de un cuerpo extraño, es indispensable extraerlo; en caso contrario provendrá de una alteración de las vías respiratorias y se la someterá al tratamiento indicado anteriormente para el catarro.

RONQUERA.—Se reconoce en que la paloma hace á cada aspiración un sonido ronco, ocasionado por el paso del aire á través de las mucosidades acumuladas, bien en la glotis, bien en la tráquea. En este caso entreabre la paloma el pico y respira con más frecuencia, con objeto de suplir la estrechez de la columna del aire admitida en los pulmones. Esta enfermedad no es peligrosa al principio, pero si se descuida es de temer que sobrevenga la tisis. Debe purgarse á la paloma dos veces por día, durante tres ó cuatro consecutivos, ó introducir por el pico una pluma impregnada de aceite de almendras dulces, llegando hasta el estómago, á la que se imprime un movimiento de rotación. Las precauciones principales son: tener el mayor calor posible en el palomar y continuar durante algún tiempo una alimentación conveniente, pero no exagerada, hasta la terminación de la muda, en cuya época es cuando es más frecuente esta enfermedad.

NEUMATOSIS.—Es motivada por la penetración del aire bajo la piel, que la hincha principalmente hacia el pecho y costados. Pinchando estas regiones con una aguja, sale el aire, produciendo un silbido, y desaparecen los abultamientos; repitiendo varias veces esta operación, se consigue curarla ordinariamente.

IV.

ENFERMEDADES DE LA PIEL.

VERRUGAS.—Son producciones epidérmicas anormales, que se desarrollan en las partes desnudas; en la comisura del pico, sobre las membranas de las narices y de los ojos, sobre las patas, y muy rara vez en las partes cubiertas de plumas.

Para desembarazar de ellas á las palomas, se cortan las verrugas con unas tijeras muy finas, teniendo mucho cuidado de no cortar parte distinta de la verruga, sobre todo cuando la operación se haga en las membranas de los ojos; después se cauteriza con nitrato de plata ó por medio de un pincel mojado en una fuerte disolución de sulfato de cobre.

VIRUELAS.—Es una erupción pustulosa en la superficie de la piel; aparece en el contorno de los ojos, en el cuello y debajo de las alas; su color es violeta durante el período de la invasión; después, durante el período de la secreción, las pústulas toman un color amarillo con su extremidad blanca, se abren, segregan pus, se secan y desaparecen.

Cuando se observe que alguna paloma se halla atacada, es indispensable colocarla en un lugar aislado y caliente, puesto que es enfermedad esencialmente contagiosa, y se la administran ligeros purgantes con píldoras de ruibarbo.

V.

AFECCIONES GENERALES.

CONSUNCIÓN.—Se reconoce principalmente en que la paloma estornuda y se vé atacada de una diarrea verde, poco copiosa; tiene la lengua de un color lívido y blanca hacia la punta, la mucosa de la boca más roja que de ordinario, las narices húmedas, el ojo inyectado y lacrimoso, y la membrana que lo rodea segrega un líquido seroso. Si en este estado se la comprime el buche, sale por el pico una gran cantidad de líquido. Debe dársele una píldora de ruibarbo, de un cuarto de gramo, durante tres días consecutivos, y si esto no bastase, un milígramo de arseniato de sosa por día. En algunos casos es suficiente arrancar á la paloma las plumas pequeñas de la cola ó quitarla la pepita, caso de tenerla.

APOPLEJIA.—Ataca esta enfermedad á la paloma, rápida é inesperadamente, sin que se observen en ella síntomas notables; cae al suelo, arrojando sangre por los lados del pico, y queda inmóvil. Es preciso sangrarla inmediatamente; para lo cual se la cortan una uña de cada pata, cerca de su base, á fin de que salga sangre, y se sumergen las patas en agua tibia para facilitar su salida. Si resiste esta curación, se la

sujeta á una dieta rigurosa, dándola tan sólo agua; iniciada la mejora, se la dará trigo nuevo, en corta cantidad hasta terminar su curación.

ARTRITIS.—Esta enfermedad se declara súbitamente en la pata ó en el ala; se manifiesta por una dificultad en su marcha ó por imposibilidad en el vuelo; la articulación atacada presenta un ligero abultamiento y más calor que de ordinario; el tumor se desarrolla, pudiendo alcanzar el tamaño de un huevo de paloma.

Principalmente aparece esta enfermedad en la época de la muda, por cuya circunstancia se supone con razón que no se hace esta última en buenas condiciones.

Durante el primer período de la enfermedad, se cura frecuentemente por medio de una sencilla operación, que consiste en arrancar ó hacer una incisión en las dos plumas que empiezan á salir, y practicar una sangría en las patas del modo ya indicado. En seguida, una purga de sal de higuera ó ruibarbo, que se repetirá en los días sucesivos, según el estado de la paloma, y durante cinco ó seis días una píldora depurativa de J. Garnier, hasta que la paloma haya recobrado el apetito.

En el segundo período, es decir, cuando la parálisis es completa, se opera del modo siguiente: se arrancan las plumas pequeñas que cubren el bulto ó tumor; se cubre este último con un poco de miel, y se aplica en seguida una sanguijuela; si ésta no hiciese efecto, se aplican otras hasta conseguirlo. Tres ó cuatro veces al día se baña el tumor con licor resolutivo de Garnier, administrándola píldoras y purgantes como en el caso anterior, con cuyas operaciones se consigue casi siempre la desaparición de la parálisis y que la paloma termine perfectamente su muda.

ENVÍO Y RECEPCIÓN DE DESPACHOS.

La aplicación principal de las palomas mensajeras es á la conducción de despachos de un punto á otro, para lo cual se llevarán al primero el número de palomas del segundo que se crean necesarias, y se irán soltando con ellos á medida que vaya siendo preciso hacerlo. Mediante un cambio mútuo de palomas entre dos palomares, podrá establecerse un sistema completo de comunicación entre ellos, y generalizando este cam-

bio puede llegar á establecerse un servicio completo de comunicaciones entre varios puntos muy apartados unos de otros; en esto se fundan las redes militares, que se establecen con objeto de asegurarlas cuando en caso de guerra están interceptados los caminos, los telégrafos, teléfonos y demás medios de comunicación hoy empleados.

Desde imprimir signos convencionales en las plumas de las palomas que se suelten, hasta emplear los procedimientos peliculares fotomicrográficos, que permiten pueda llevar una paloma muchos miles de despachos, se han usado distintos procedimientos; pero el más cómodo y que satisface á la mayor parte de las necesidades, consiste en escribirlos en papel muy fino y de poco peso, con letra menuda, meterlos en un tubo de pluma de ave y éste sujetarlo á una de las plumas grandes de la cola de una paloma. El conjunto del despacho con su estuche y todo no debe pesar más de 5 gramos ni tener más de 0^m,05 de largo.

El procedimiento más cómodo y práctico para sujetar los despachos á las palomas es el siguiente, que tomamos de la obra *Instalación y régimen de palomas mensajeras*, escrita por el comandante de Ingenieros D. Pedro Vives:

Se coge un tubo de pluma de ave, de las que se usan para escribir, se moja, y cuando ya está bastante reblandecido se le hace con una aguja, cerca de cada extremo, dos agujeros, por los que se pasa una hebra de seda bien encerada, en la forma indicada en la parte inferior de la figura 23, á la que se da una ó más vueltas alrededor del tubo y se anuda bien, como indica la parte superior de la misma figura 23, y hecho esto se ata á una pluma de las más nuevas de la cola, en la forma marcada en la figura 24, teniendo la precaución de volver unas cuantas barbas de la pluma al dar la segunda vuelta al hilo para cogerlas con éste y evitar de esta manera pueda resbalar el tubo á lo largo de ella y caerse. Colocado el tubo porta-despachos, cuando haya de ponerse alguno se arrollará bien, se meterá dentro de él, y por el hueco que quedará en su centro se pasará una hebra de seda, á la que se dará un nudo para evitar pueda correrse á lo largo de tubo y caerse; por último, pueden taparse con un poco de cera los extremos de éste para evitar éntre la humedad al despacho.

Una sola persona puede sujetar muy bien el tubo á la paloma; para

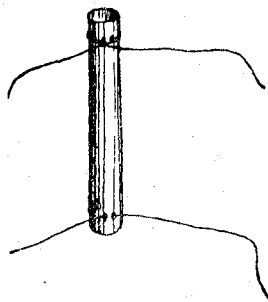


Fig. 23.

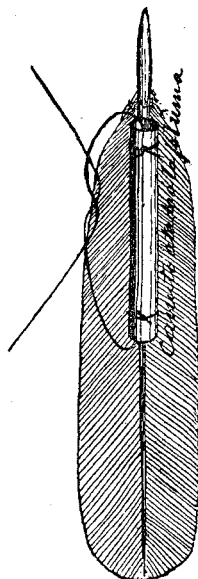


Fig. 24.

esto, después de cogida ésta, se la faja con un pañuelo, de modo que sin hacerla daño se la imposibilite mover las alas; los extremos libres del pañuelo se sujetan entre las rodillas, estando uno sentado, y en esta disposición se ata aquel á la pluma que se desee.

Para sacar el despacho una vez llegada la paloma á su destino, se quita, si la tiene, la cera que tapa uno ó los dos extremos del tubo; se corta la hebra de seda que sujeta el despacho y se saca éste por medio de un alambre terminado en un pequeño gancho, sin necesidad de quitar á la paloma el tubo porta-despacho.

Algunos meten el núcleo de la pluma de la paloma por el interior del tubo y sujetan éste con una cuñita; pero este sistema estropea más las plumas que el descrito, que puede también sufrir algunas modificaciones.

Los procedimientos peliculares fotomicrográficos consisten en reducir al tamaño necesario, por medio de una cámara fotográfica, el impreso ó escrito que se desee, haciendo la impresión sobre una placa pelicular; la película así obtenida se mete en el tubo porta-despachos, y una

vez llegada la paloma á su destino se toma la película, se coloca en el porta-objetos de un aparato de ampliación por proyección, se proyecta la imagen ampliada sobre una pantalla y así puede leerse; también puede obtenerse una impresión, sobre papel muy sensible, del despacho ampliado al tamaño conveniente, que puede ser el mismo del primitivo escrito ó impreso. La descripción detallada de estos procedimientos nos apartaría mucho del objeto que nos hemos propuesto y no podría producir gran utilidad, pues para que den buen resultado se necesita mucha práctica en las manipulaciones fotográficas y disponer de buenos y costosos aparatos de reducción y ampliación.

Durante los viajes están expuestas las palomas á los cazadores, contra los cuales es muy difícil la defensa, siendo tal vez la única que pasen desapercibidas para ellos, lo que no es difícil, dada la altura y velocidad á que vuelan, sobre todo si van aisladas y no formando bando numeroso. Las aves de rapiña son otro enemigo temible, contra el cual conviene buscar alguna defensa; las usadas hasta ahora consisten en el empleo de unos silbatos muy ligeros, de bambú, que se les sujeta á las plumas de la cola y en los cuales, al entrar el aire por efecto de la velocidad de la misma paloma, producen un silbido que se oye á mucha distancia y que algunos dicen puede compararse por su intensidad al que produce el silbato de las locomotoras. Son de origen chino, sumamente ligeros, 3 á 7 gramos de peso, y en la actualidad se están experimentando en los palomares militares, esperándose que de estas experiencias pueda deducirse si realmente tiene ventajas su empleo ó si el mismo sonido del silbato podrá constituir un peligro, porque llame la atención de los cazadores, que quizás no se apercibirían de otra manera del paso de la paloma. También se recomienda untar las plumas de las palomas con una infusión de tabaco muy fuerte en orines calentados á 50°, con lo cual adquieren un olor tan desagradable para las aves de rapiña, que algunos aseguran se morirían de hambre antes de hacer presa en un animal untado con tal preparación. No conocemos el resultado de uno y otro sistema, pero creemos se ha dado demasiada importancia á las aves de rapiña, pues las palomas buenas no se defienden mal de ellas, y casi podría decirse que á no ser por sorpresa, no las cogen, pues se dejan caer con las alas cerradas y al llegar cerca del suelo toman otra vez con gran

rapidez el vuelo, cosa que, por la distinta clase de vuelo que tienen, no pueden hacer tan rápidamente aquellas. Asunto es este sobre el que conviene hacer numerosos estudios, á fin de poder llegar á una conclusión verdaderamente práctica, que quizás haya, pero que no conocemos.

Es de capital importancia conocer la velocidad propia de las palomas; ésta se obtiene dividiendo la distancia recorrida en línea recta por el tiempo tardado en minutos; si este cociente da un número superior á 750 metros, se considerará aceptable el resultado obtenido, diciéndose que ha sido bueno si se aproxima ó llega á 1000 metros. Velocidades superiores á 1000 metros sólo las obtienen mensajeras de muy buena calidad y tan sólo en casos excepcionales se han obtenido y obtienen superiores á 1500 metros por minuto.

Es de gran conveniencia tener un mapa bastante detallado de la región en que hayan de establecerse comunicaciones por medio de palomas, para apreciar las distancias entre los puntos de suelta y llegada y poder preparar las experiencias que se decidan ó las distintas etapas en que, con arreglo á lo ya dicho, debe hacerse la educación.

En los palomares asociados será también muy conveniente tener un mapa en el que esté marcada la red de palomares existentes y la de comunicaciones establecida por ellos.

La organización de concursos es muy conveniente, puesto que de esta manera se desarrolla la afición y pueden apreciarse prácticamente las condiciones de las palomas, y hacerse una verdadera selección para destinar las mejores á reproductoras. Elemento es éste que, aunque importante, no le creemos propio de estos apuntes, puesto que al hacer la organización de concursos, habrán de darse reglas detalladísimas para ellos, y tomarse cuantas precauciones sean posibles para evitar toda clase de argucias y engaños. La misma organización de concursos y el desarrollo de la afición, pueden ser base, no solo de un *sport* agradable y culto, sino también de un comercio, hoy perfectamente establecido en Bélgica, capaz de producir muy regulares beneficios.

REGISTROS Y ANOTACIONES.

El poder saber en un momento determinado el estado de educación de cada paloma, las crías que ha hecho, y en general cuantas circunstancias concurren en ella, siempre será un motivo de curiosidad para el aficionado, y sobre todo de grande utilidad, siempre que por cualquier necesidad trate de sacarse el mayor provecho útil del palomar, como sería el caso en que fuera indispensable utilizarlos con fines militares.

De muchas maneras pueden llevarse estos registros, que pueden reducirse á los siguientes:

- 1.º Registro general de palomas y pichones existentes en el palomar.
- 2.º Resumen de viajes hechos para la educación de las palomas.
- 3.º Reseñas de cada paloma y de los resultados obtenidos en los viajes hechos por ella.

El primero desde luego se comprende que ha de ser de gran utilidad, pues en cada momento podrán saberse las existencias que haya en el palomar, y siendo algo detallado podrá servir también para elegir, según el servicio que deba exigírselas, las palomas más útiles y que mayores probabilidades tengan de poder llenarlo. El segundo, aparte de completar el primero, hará ver de un modo claro las peripecias ocurridas en la educación hecha en las distintas direcciones, podrá servir para hacer el estudio necesario para corregir las deficiencias observadas en ella, y principalmente las originadas por la mala elección de los puntos de suelta. Las reseñas de cada paloma y de los resultados con ellas obtenidos será muy conveniente llevarlas: primero, porque cuando se envíen palomas á otros palomares, deberá á cada una acompañar la que la corresponda para que pueda ser utilizada, según sus aptitudes, resistencia y pruebas á que haya estado sometida; segundo, porque siempre serán una garantía para el que obtenga, especialmente si lo hace por compra, palomas de un palomar en que se lleven con orden, y podrán servirle de base para sus ulteriores proyectos.

Para facilitar el servicio deben emplearse también tarjetas para colocar en los nidos: en ellas se apuntarán las fechas de las posturas, del nacimiento de los pichones, los números del par que han hecho la cría y aquellos con que se marque á los pequeños. El modelo de estas tarjetas puede ser el formulario número 1; deben estar colocadas inmediatas al nido correspondiente al par, mientras dure la época de la incubación y cría, y recogerse cuando se termine ó interrumpa; si el par cambia de nido por su voluntad ó por que cualquier circunstancia haga absolutamente preciso el obligarles á ello, deben trasladarse al que corresponda. Una vez hecho el resumen correspondiente á una temporada de incubación y cría, que ya hemos dicho no debe ser el año completo, se hace el correspondiente á cada par y se anota en el registro general de palomas y pichones; hecho lo cual podrán inutilizarse estas tarjetas.

El registro general puede llevarse con arreglo al formulario número 2 en un libro ó cuaderno á propósito; en él se anotarán todas las palomas á partir de la primera que se reciba en el palomar para empezar su formación; en la casilla correspondiente á la filiación, se anotará el sexo, número de orden, fecha de nacimiento, color y señas particulares de cada paloma, y los números de sus padres ó procedencia de ella; en la correspondiente á la reproducción aparecerá el resumen de las posturas hechas en cada año, sacado del formulario número 1, el año á que éste se refiere y el número de su pareja.

Estas anotaciones pueden hacerse sólo para el macho ó la hembra de un mismo par, puesto que es igual para los dos, á no ser que por cualquier circunstancia se haya desecho su unión, poniendo en el otro una llamada que indique le corresponden los mismos datos que á su pareja. En las casillas de viajes se pondrá el resultado de los más importantes que haya efectuado, y en la de observaciones, la concesión de premios y demás datos de utilidad para el aficionado, pero no indispensables para la marcha del servicio.

Para los incidentes de los viajes deben tenerse hojas largas arregladas al formulario número 3, teniendo una para cada tanda y para cada itinerario; después de llenadas, se coleccionarán para poder hacer las observaciones y estudios necesarios en cada momento. Pueden tenerse

dos clases de impresos, unos como los del formulario y otros sólo con casillas correspondientes á sueltas, para pegar unos á otros hasta acabar la educación de la tanda, y luego la hoja resultante se dobla en forma parecida á la que tienen los dobleces los abanicos para poder hacer con más facilidad el examen de las sueltas y viajes; de aceptar esta disposición estas hojas sólo deben estar impresas y llenas por una sola cara. El formulario está dispuesto para cuando se hagan las sueltas paloma á paloma; en este caso, el que haga la suelta debe tener un papel en el que estén puestos los números de ellas, y al soltar cada una anotará la hora en que lo efectúa, para luego sentarla en la hoja correspondiente. Las horas de llegada podrán saberse teniendo cuidado de ver cuál ha entrado cada vez que suene el timbre de la jaula.

Cuando se pierda una paloma se trazará con tinta una raya en el renglón que la corresponda, á partir de la casilla correspondiente á la hora en que se la soltó la última vez. De este modo bastará echar una ojeada á cada hoja, para ver las pérdidas que haya habido, y desde qué puntos han sido más numerosas. No debe darse por perdida una paloma hasta algunos días después de haberla soltado, pues á veces ocurre están varios días perdidas, volviendo por último al palomar; en este caso no se anotará la hora de llegada y se pondrá en su renglón, cogiendo las casillas correspondientes á la hora de llegada, número de orden y velocidad obtenida «llegó el día.....»

Cuando alguna, por enfermedad ú otra causa, no se suelte desde alguno ó algunos de los puntos en que se haga con las demás de la tanda, también deberá tirarse una línea que cruce las casillas correspondientes á las sueltas no efectuadas.

Las reseñas de servicios correspondientes á cada paloma deberán llevarse como indica el formulario número 4, y siempre que se envíe una paloma á un palomar distinto del suyo, para que se tenga en él hasta que sea necesario utilizarla, deberá acompañarse á ella una copia de su reseña, en la que deberán expresarse con toda claridad su señas particulares, y en especial su sexo, para poder así evitar que, por falta de datos, pueda mezclarse con las del contrario; también deberá indicarse claramente la situación del palomar á que pertenece, dato importantísimo, pues es el

único que puede dar á conocer el punto á que podrán enviarse despachos con ella.

Con esto creemos bastante para el régimen del palomar, en su parte técnica por así decirlo; para la económica cada uno adoptará aquella que mejor le parezca, conviniendo que la primera se lleve de un modo uniforme, toda vez que habrá muchas ocasiones en que habrán de utilizarse á la vez, en combinación entre ellos, varios palomares.

FIN.

Formulario núm. 1.

Macho n.º _____

Hembra n.º _____

Año 189_____

Crias.	Posturas.			Pichones.			OBSERVACIONES.
	FECHAS.		NÚMERO de huevos.	NÚMERO	FECHA del nacimiento	NÚMERO con que se marcan	
	De la primera.	De la segunda.					
1. ^a	15-3	17-3	2	2	4-4	74 75	Se inutilizó un huevo. Murió un pichón.
2. ^a	18-4	20-4	2	1	8-5	79	
3. ^a	31-5	2-6	2	2	20-6	85 86	
4. ^a	5-7	7-7	2	2	25-7	92	
5. ^a	»	»	»	»	»	»	
TOTAL.	8	7		6	

Sociedad Colombófila

Palomar de

Registro general de Palomas y Pichones.

FILIACIÓN.	Reproducción.			Resultados obtenidos en los viajes.										OBSERVACIONES.			
	Año.....	Número de su pareja.....	Número de posturas incubadas cada año..	Número de pichones criados en cada año...	Año.....	Puntos desde que se han verificado sueltas importantes.	Distancia recorrida en línea recta en kms.	Número de palomas soltas.....	Número de orden de la llegada de ésta..	Velocidades obtenidas en m. s.	Año.....	Puntos desde que se han verificado sueltas importantes.	Distancia recorrida en línea recta en kms..		Número de palomas soltas.....	Número de orden de la llegada de ésta..	Velocidades obtenidas en m. s.
Macho n.º 22. Nació el 15 de Marzo de 1889, azul, vuelo blanco, membranas del pico y los ojos muy desarrolladas. Padres: (macho n.º 6 (hembra n.º 9)	1890 1891	37 37	4 5	8 9	1890 1890 1891	Huesca. Zaragoza. Medinaceli.	55 108 224	12 10 6	1.ª 2.ª 1.ª	1026 965 1125							Obtuvo un premio el 8 de Julio de 1891 desde Medinaceli
Hembra n.º 23. Nació el _____ Se compró el _____ á _____ D. _____	1890	24	2	4	1891	Pamplona.	95	15	6.ª	810							Se perdió el 15 de Julio de 1892.

Sociedad Colombófila _____

Palomar _____

Tanda núm. _____ compuesta de _____ palomas.

Itinerario de _____ á _____

RESÚMEN DE LOS VIAJES HECHOS POR LA MISMA.

RESEÑA DE LAS PALOMAS.				Desde _____ á _____ kilómetros en línea recta. El _____ de _____ de 189 _____					Desde _____ á _____ kilómetros en línea recta. El _____ de _____ de 189 _____					Desde _____ á _____ kilómetros en línea recta. El _____ de _____ de 189 _____					Desde _____ á _____ kilómetros en línea recta. El _____ de _____ de 189 _____				
Número.	Sexo.....	Color.	Día del nacimiento.	HORA DE				N.º de orden de la Llegada....	Velocidades obtenidas.	HORA DE				N.º de orden de la Llegada....	Velocidades obtenidas.	HORA DE				N.º de orden de la Llegada....	Velocidades obtenidas.		
				Suelta.		Llegada.				Suelta.		Llegada.				Suelta.		Llegada.					
				Horas	Minut	Horas	Minut			Horas	Minut	Horas	Minut			Horas	Minut	Horas	Minut				
20	M.	Azul...	10 3 90	4	45	8	52	2. ^a	975														
21	H.	Ceniza.	10 3 90	5	00	9	02	1. ^a	1010														

Formulario núm. 4.

Sociedad Colombófila

Palomar de

de

en

Paloma núm.

Sexo

Nacimiento.			Número del Padre.	Número de la Madre.	Señas particulares.
Día.	Mes.	Año.			
5	Marzo. . . .	1889	6	9	Azul. Vuelo blanco. Membranas del pico y los ojos muy desarrolladas. MARCAS. } Ala derecha. . M. C. Jaca. } Ala izquierda. 22 +

RESEÑA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS VIAJES QUE HA EFECTUADO.

Día	Mes.	Año.	Punto de suelta.	Distancia en Kilómetros.	Velocidad por minuto.	Número de palomas soltadas.	Número de orden en su llegada.	OBSERVACIONES.
25	Junio. . .	1889	Anzánigo. . . .	26	874	18	3. ^a	
2	Julio. . .	1889	Ayerbe.	42	960	16	2. ^a	
9	Julio. . .	1889	Huesca.	99	1000	12	1. ^a	
..	
8	Julio. . .	1891	Medinaceli. . .	224	1125	6	1. ^a	Obtuvo un premio.

de de 189

INDICE.

Páginas.

PRIMERA PARTE.

Instalación y formación del palomar.

<i>De las palomas.</i>	5
I.—Caracteres generales.	5
II.—Incubación y cría.	7
III.—De la muda.	11
<i>Del palomar.</i>	14
I.—Emplazamiento.	14
II.—Instalación.	16
III.—Población del palomar.	30

SEGUNDA PARTE.

Organización del servicio.

<i>Alimentación.</i>	35
<i>Régimen del palomar.</i>	40
<i>Educación de las palomas.</i>	47
<i>Transportes.</i>	52
<i>Sueltas.</i>	56
<i>Higiene del palomar.</i>	59
I.—Precauciones generales.	59
II.—Enfermedades del aparato digestivo.	61
III.—Enfermedades de los órganos respiratorios.	63
IV.—Enfermedades de la piel.	64
V.—Afecciones generales.	65
<i>Envío y recepción de despachos.</i>	66
<i>Registros y anotaciones.</i>	71
Formulario núm. 1.	75
Formulario núm. 2.	76
Formulario núm. 3.	77
Formulario núm. 4.	78

