

damente en un nudo. En primer lugar es evidente que debemos prescindir del peso propio de la cercha, que siempre cargará por igual; tampoco debemos ocuparnos del peso de las correas porque es relativamente pequeño, y aunque se colocarán sucesivamente estarán todas en su lugar cuando se comience la construcción de las bovedillas; estas últimas deben construirse entre cada dos cabios en toda su longitud y procediendo por capas sucesivas de rajuela; pero aun suponiendo que avanzase la construcción por bandas horizontales, el peso de una capa de rajuela, que equivale próximamente al de la teja, será el máximo desigualmente distribuido que puede actuar en la cubierta; su cuantía para cada nudo ascenderá á

$$42 \times 4,25 \times 2,093 = 370 \text{ kilogramos.}$$

(Se continuará.)

FERNANDO ROJO Y SOJO.

UN APUNTE DE LAS CANTERAS DE TALIM ⁽¹⁾

Como la teoría que se ha seguido para determinar las cargas, debida al ilustre Ingeniero, honra y prestigio verdaderos que fué del Cuerpo, D. Francisco Prieto (2), está fundada en la hipótesis de que durante la combustión *Los gases se desarrollan por capas esféricas y concéntricas, conservando una temperatura media constante, hipótesis admisible en atención al cortísimo tiempo que dura el fenómeno y permite la aplicación de la ley de Mariotte*, diremos algunas palabras sobre el asunto antes de entrar en materia.

Según las teorías de Berthelot, y concretándonos al estudio de la fuerza explosiva de las pólvoras, sabemos que son necesarias para determinar aquéllas los datos siguientes: composición química de la materia explosiva, composición de los productos de la explosión, cantidad de calor desprendido en la reacción y volumen de los gases formados.

Respecto al primer punto, consideramos la pólvora usada clasificada como de mina; por lo tanto, la formación dominante de sulfato de potasa y ácido carbónico en los productos de la combustión, harán desprender por kilogramo de pólvora 536.000 calorías, y la de carbonato de potasa, por kilogramo también, 485.000; pero como se formarán al propio tiempo el sulfato y el carbonato y las acciones secundarias, debidas al azufre y carbono en exceso, no cambiarán sensiblemente aquellos valores, puede suponerse que se obtendrá un número intermedio; mas admitiendo que el nitro suministra en esta combustión los mismos productos que en las pólvoras de caza y guerra, se encuentra por proporciones un número aproximado al término medio de antes, ó sea 509.000 calorías por kilogramo de pólvora. El volumen de los gases será 173 litros por kilogramo también y á cero y 0^m,760.

La composición química de los productos de la explosión, no bastando el oxígeno para una total oxidación, variará con la temperatura, presión, expansión, efectos mecánicos, etc. Nosotros, repetimos, nos hemos atendido á los datos consignados por Berthelot (*Anales de Física y*

Química, cuarta serie), como resultado de sus experiencias.

La cantidad de calor desprendido es proporcional al trabajo máximo que puede efectuar la pólvora. Potencial de una pólvora es el trabajo máximo que la unidad de peso del explosivo puede efectuar, suponiendo una conversión total en gas y una expansión adiabática indefinida; es proporcional á la cantidad de calor desprendido por el explosivo, tomado á la presión y temperatura ambiente, y sus productos reducidos á las mismas condiciones. Es, por tanto, igual á E Q.

La fuerza es la presión, por unidad de superficie, de los gases de la unidad de peso del explosivo, ocupando á la temperatura de la combustión la unidad de volumen; su medida es el producto del número de calorías desprendidas por el volumen de los gases, reducido á la temperatura cero y á una presión uniforme. Está dada por la fórmula de Vieille y Sarráu

$$P = \frac{V_0 \left(1 + \frac{Q}{275 \cdot c} \right)}{V - v}$$

en la que V_0 es el volumen reducido á cero y 0,760 de los gases de la unidad de peso, Q las calorías desprendidas por la unidad de peso, c el calor específico ó volumen constante, V la capacidad en m.³ de la unidad de peso del explosivo y v el volumen ocupado por las materias inertes.

Si se conociese con precisión la temperatura de los gases en el instante de la explosión y la ley que enlaza las presiones con las temperaturas, se deduciría exactamente la presión desarrollada á volumen constante; la temperatura se obtendría, si se conocieran los calores específicos (1) de los productos gaseosos; pero éstos no se conocen y además son variables con la temperatura (2) y presión, y, por último, las leyes de Gay-Lusac y Mariotte, cuando se trata de gases comprimidos á miles de atmósferas, no tienen aplicación. Por todo se deduce que el problema no puede resolverse con exactitud; sin embargo, puede adoptarse, dice Berthelot (3), como término de comparación entre las presiones desarrolladas por un mismo peso de materia explosiva, cuya deflagración se verificará en la misma capacidad, el producto del volumen de los gases (á cero y á 0,760) por la cantidad de calor desprendido.

Las verdaderas presiones que se desarrollen serán superiores á las calculadas, por la cantidad de calor desprendido á la temperatura máxima (4), y en cambio serán

(1) La termodinámica nos da la fórmula $c = C - AT \cdot p \times \frac{\alpha'}{1 + \alpha' t} \times \frac{\alpha'}{1 + \alpha' t}$

para la determinación de los calores específicos de los gases á volumen constante, á la presión p y á la temperatura t ; pero es necesario conocer los datos siguientes: calor específico del gas á la presión constante p , coeficiente de dilatación de gas al volumen constante v , su densidad y coeficiente de dilatación á la presión constante p .

Estos cuatro elementos son conocidos para algunos gases, gracias á las investigaciones de Regnault.

(2) Según Leygne y Champion, esta temperatura es para la pólvora de caza de 288°, para la de cañón 295° y para la formada de partes iguales de clorato de potasa y azufre 200°.

(3) Fuerza de la pólvora y de las materias explosivas.

(4) Nota de Berthelot á la Academia de Ciencias de París acerca de la escala de temperaturas y sobre los pesos moleculares.

«Hemos establecido que el calor específico de los gases simples, tomados á la densidad que poseen en las condiciones normales, crece con la temperatura lentamente; pero según una progresión que se hace considerable á una alta temperatura, hasta triplicarse, por ejemplo, á los 4500° para el ázoe, oxígeno é hidrógeno. Esta variación se traduce en una desagregación molecular digna del mayor interés. En efecto, hacia 4500°, durante cada intervalo del primero, el calor consumido por el trabajo interior de dilatación, correspon-

(1) Véase el número anterior.

(2) REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, año 1889, pág. 44.

inferiores á las observadas en el calorímetro á la temperatura ordinaria.

El trabajo máximo será proporcional al calor desprendido á volumen constante, ó sea al número 509.000×425 , siendo para las pólvoras de guerra y caza respectivamente 608.000×425 y 641.000×425 , mientras que las presiones iniciales, que son las que producen los fenómenos de agrietamiento, son para cada una de las tres pólvoras de caza, guerra y mina, proporcionales á los números siguientes: 139.000, 137.000 y 88.000.

V

Las cargas de los pozos y de las galerías sabido es que no pueden determinarse de una manera exacta, y sólo después de experiencias, según la clase de roca y la calidad del explosivo, puede venirse en conocimiento bastante aproximado de la fórmula y regla que ha de seguirse para la determinación de aquéllas. A pesar de esto haremos su cinta reseña de las reglas prácticas que se han dado, y citaremos, aunque á la ligera, algunos ejemplos de voladuras.

En su castiza obra, *Materiales de construcción*, hablando del asunto, dice nuestro maestro D. Manuel Pardo: «Según los ensayos del general Burgoyne, la carga media que en los barrenos ordinarios viene dada en libras inglesas ($0^{\text{kg}} 4535$) por $\frac{1}{16}$ del cubo de las líneas de menor resistencia medidas en pies ingleses ($0^{\text{m}} 3048$), ha de ser para las voladuras grandes $\frac{1}{16}$ á $\frac{1}{10}$ de la misma cantidad, si se usan pozos, y de $\frac{1}{16}$ á $\frac{1}{10}$, si se emplean galerías. Estos resultados empíricos deben acogerse con mucha reserva». Las cargas obtenidas nos han demostrado con qué razón aconseja el Sr. Pardo no se confíe en estas reglas generales. Y agrega después: «De las observaciones hechas en las voladuras de Holyead (Inglaterra), se ha deducido otra regla que puede ser de alguna utilidad. Se reduce á emplear una libra inglesa de pólvora por cada dos toneladas ($1.015^{\text{kg}} 65$) de piedra, en el caso de galerías, y por cada tres en el de pozos. Estos números, exactos para las voladuras de Holyead, pueden no convenir á otros, y será necesario regular la cantidad de pólvora en vista de los resultados que se obtengan experimentalmente en los primeros desmontes que se hagan en una cantera.»

Los capataces ó prácticos suelen cargar los pozos de mina del tercio al cuarto, ó del quinto al sexto de su altura, según la dureza de la roca.

Las cargas para una masa rocosa de pared irregular vienen á ser el triple que para una de pared vertical.

Según experiencia adquirida en las canteras calizas de Friould (Marsella) y Sistiana (Trieste), no debe emplearse más de un kilogramo de pólvora por cada tres m.³ del volumen de roca que se proyecte derrumbar.

No presentando grietas el frente de la cantera y no siendo muy estratificada la roca, se ha encontrado que la relación de la profundidad de la cámara al espesor de la roca, medido perpendicularmente al frente desde aquélla, debe ser á lo más de $\frac{3}{2}$, calculándose que el volumen de roca removido puede llegar á $d h^3$. Usando alguno de los explosivos modernos, este volumen es superior á 4.000 m^3 por cada metro cúbico de hornillo.

La explosión nos dará la seguridad de haber sido bien calculada la carga, pues en tal caso se verá la roca agrietarse, levantarse en masa escasamente un metro y derrumbarse formando el cono de deyección, no produciéndose más que un ruido sordo. Nos cabe la satisfacción de consignar que en las seis voladuras verificadas desde Mayo del 95 á Julio del 96 en las canteras de Talim se produjeron las explosiones en esta forma, no habiéndose observado la más pequeña proyección.

Citaremos también la denominada *regla de minadores*, expresada por la fórmula $P=C m^3$, siendo P la carga en kilogramos, C un coeficiente que se determina por experiencia (para roca muy dura se ha encontrado el valor 0,70) y m la línea de mínima resistencia expresada en metros.

Como regla general puede establecerse la de que el efecto de un kilogramo de explosivo es muy superior en una roca dura que para una blanda, ó más aún si aquélla es de fractura cristalina, como ocurre en la de Talim.

Citaremos también, aunque sea muy á la ligera, algunas de las fórmulas usadas é hipótesis en que se basan, para la determinación de las cargas en las minas militares. Vanbau, Valierre, Megriguy, Bellidor y otros, según experiencias, consideran el *sólido de explosión*, respectivamente, como cono invertido, cuyo radio superior ó de la hoya, es igual á la línea de mínima resistencia, ó *eje de la explosión*, siendo su volumen $1.05 H^3$ y H dicho eje, como un paraboloide, en cuyo foco debe colocarse la carga, y cuyo volumen es $1.90 H^3$, como un cono truncado é invertido cuyo diámetro menor, igual á la línea de mínima resistencia, sea la mitad del mayor, correspondiéndole un volumen igual á $11/6 H^3$, suponiéndole, por último, Bellidor autor de la teoría de los globos de compresión, un cono cuya cúspide redondeada se forma en el fondo de las pólvoras, conceptuando como alcance límite de dicho globo, el diámetro séxtuplo de la línea de mínima resistencia, para una carga décuple de la ordinaria. Determina las cargas por la regla siguiente: cuando una línea de m r y el radio de la base sean iguales á 10 pies, lo cual da 2828 para el cubo de su radio de explosión, en terreno de la consistencia de la tierra dura, se necesitan 170 libras de pólvora. Para otros terrenos se establecerá la igualdad de la relación anterior y la del número de pies que arroje el cubo del radio de explosión, medido en el hornillo de prueba dividido por la carga en libras. Guillot, aunque supone otra forma para dicho sólido, aprecia su volumen como el de un cono perfecto. Muller, Le Febure y Gay de Vernon suponen dicho volumen respectivamente $2,84 H^3$, $1,20 H^3$ y $1,57 H^3$.

A continuación reseñamos ligeramente algunos ejemplos de voladuras de grandes minas en el extranjero.

Entré éstas citaremos las de la isla de Trioul. Se practicaron cuatro galerías de 20 m. cada una, terminadas en forma de T, por dos de 10 á 12 m. que abocaban en los hornillos. La carga de las ocho cámaras fué variable, de 2.500 á 4.500 kilogramos, sumando un total de 26 toneladas, que produjeron un volumen de escollera de 100.000 m^3 , ó sea 4 m.³ por kilogramo.

En la cantera de Sistiana se practicó una sola cámara que se cargó con 13.100 kilogramos. La profundidad era de 40 metros y la línea de m r tenía 25 metros. El rendimiento no pasó de $2,67 \text{ m}^3$ por kilogramo. Pero la mina de importancia en Sistiana fué la que se explotó el 20 de

diente sensiblemente al aumento de la fuerza viva de traslación de las moléculas, no será más que la séptima parte $\frac{1,44}{2,0} = 0,72$ del calor consumido por el aumento total de energía.

Febrero del 70. La entrada la formaba una galería de 17,5 m. de longitud, que se ramificaba en dos, formando un ángulo de 140°, siendo uno de los ramales normal á la primera y de 15 m. y el otro de 20 m. de longitud; la distancia que separaba á los hornillos era de 30 metros, la carga de cada uno 15 toneladas, ó sea, en total, 20 toneladas. El resultado, sin embargo, no fué lo que se esperaba, pues debido á no haberse verificado la explosión de los hornillos en el mismo instante, sólo se obtuvieron 2,33 m.³ por kilogramo.

En Holyead la roca era una arenisca cuarzosa de peso específico 2,75, dura y agrietada, lo que facilitó la explotación. El frente de la cantera tenía una longitud de 600 metros y 50 de altura, de los que 20 correspondían al primer escalón. Se utilizaron para abrir las galerías las grietas naturales de la roca, practicando en su dirección dos pozos de metro cuadrado hasta llegar á la masa compacta; desde este punto seguían dos galerías horizontales en T, en cuyos extremos se abrieron dos pozos que llegaban á la altura del primer escalón. La relación de la profundidad al espesor de la roca era $\frac{1}{2}$; con 15 toneladas se obtuvieron 15.000 m.³ de piedra, ó sea un metro cúbico por kilogramo.

En Marsella la galería de entrada tenía una sección de 1,75 m.², siendo su pendiente de 1/1000; seguían á ésta dos en T con la misma pendiente. terminando en pozos de 25 m. de profundidad. La carga total fué de 26 toneladas y el rendimiento muy próximo á 4,0 m.³ por kilogramo.

En las canteras de Teil, la relación de la profundidad del hornillo á la línea de m r era $\frac{55 \text{ m.}}{28 \text{ m.}}$, siendo la carga de siete toneladas, que produjeron un cubo de roca, medido en desmonte, de 12.000 m.³ La galería de entrada tenía 17 metros; seguía á ésta un pozo de tres de profundidad, después una galería horizontal de 15 metros de longitud; en su extremo un martillo á la derecha; á continuación un pozo de dos metros de profundidad; después una galería á la izquierda con pendiente seguida y, por último, el pozo que conducía á la cámara. Entre la pólvora y el murete de tierra y arena, que constituían el tapón, se interpuso una capa de paja.

(Se continuará.)

MANUEL BECERRA.

CAMINOS VECINALES

(Continuación) (4).

Otra de las causas por las que la prestación personal no ha dado el resultado previsto ha sido por seguirse en esta contribución sistema distinto que en las demás para su tributo. Prescindiendo de la prestación de los carros y animales, lo mismo al rico que al pobre se le exige un número determinado de jornales igual para los dos, que suponiendo para el primero una pequeña cantidad por la redención en metálico fácilmente abonable es para el segundo enorme, pues teniendo que cumplirla personalmente por la falta de recursos, le representa la falta del jornal

diario en el tiempo de la prestación, ó sea la completa carencia de lo más imprescindible, de lo más necesario para la vida. Justo es que todos los habitantes contribuyan para remediar las cargas del Estado, provincia y Municipio; pero igualmente que se acude para remediar las primeras á exigir una cantidad proporcional á los recursos de cada uno, de igual modo ha de ser para toda clase de cargas municipales, y la prestación personal no se funda en la equidad al igualar á unos y otros; además, la utilidad que les ha de provenir á ambos de la mejora de las comunicaciones es muy diferente; mientras que el poderoso obtiene una vía más cómoda para hacer marchar sus carruajes, un camino que permite el tránsito de sus carros cargados con el fruto de sus cosechas y quizás un mayor rendimiento en el ferrocarril de que es accionista, y en el que la nueva vía hace aumentar la circulación, el pobre sólo obtiene una pequeña parte en los beneficios generales de la localidad.

No es esta la única falta de justicia que se nota en la ley expresada. Comparemos los distritos rurales con las grandes poblaciones. Los primeros, cuyo término es dilatado, tienen muchos kilómetros de camino á que atender ó que construir, mientras que las segundas tienen un término municipal pequeño, por ser mucha la parte urbanizada y el número de kilómetros de camino á que tienen que atender es escaso ó nulo, dado que, como hemos dicho, á estos grandes centros de población llegan no sólo las vías férreas, si que también las carreteras principales, de cuya construcción y conservación se encarga el Estado. Estas ciudades en que la prestación, redimida en su mayoría en metálico, daría una cantidad importante, no hacen uso de ella por no serles preciso, y en cambio las pequeñas Municipalidades han de encargarse por entero de sus vías, que si beneficios reportan al distrito, no reportan menos al gran centro que con ellas recibe el movimiento de una dilatada comarca.

Tales son, entre otras, las principales causas que producen en los vecinos de los pueblos ese horror á la prestación personal, que sólo puede compararse al que les causa el impuesto de consumos. De aquí esa resistencia pasiva de los Ayuntamientos á utilizarla, porque saben que la mayoría del pueblo es opuesta, y de ahí los pequeños ó nulos resultados que ha producido y que hacen creer continuará lo mismo á no introducir modificaciones que hagan desaparecer de ella todo lo que de injusto encierra. Pocos serán los alcaldes que quieran oponerse á esa gran fuerza de la opinión del pueblo, contraria á esta carga, y aun esos pocos obtendrían un éxito tan sólo relativo, pues como hemos podido juzgar en algún caso, el trabajo debido á la prestación no representa ni el 50 por 100 de los jornales empleados, sin que haya medio de remediarlo ni aun acudiendo á medios violentos é ilícitos como el de un alcalde de un pueblo, que no citaremos, que andaba con vara tras de sus administrados cuando éstos se ocupaban en la prestación, para obligarles al trabajo, no haciendo caer sobre ellos el peso de la ley, sino el de la vara. De afrontar las malquerencias de algunos imponiéndoles multas y castigos han venido algunas veces las ruines represalias de incendios y destrucción de propiedades, y sobre todo las venganzas políticas, que fundadas en motivos análogos al presente producen los enconos y pasiones, que á tan funestos resultados han conducido más de una vez.

(4) Véase el número anterior.