

$\frac{70 \times 70}{9}$; en el punto más débil tendrá dos agujeros de 16 milímetros de diámetro que atravesarán al palastro de 11 milímetros y á los ángulos, de modo que el esfuerzo por milímetro cuadrado será de 5,8 kilogramos. Pudiera parecer algo pequeño este coeficiente, tratándose de la pieza que más influye en el peso de la cercha; pero debemos de tener en cuenta que se trata de una compresión y que la relación entre la longitud libre y la menor dimensión transversal del par será 13 próximamente; en estas circunstancias hemos creído conveniente adoptar un límite más bajo para el esfuerzo, habiéndose elegido el que se deduce de las tablas publicadas en la excelente obra del Sr. Gaztelu, que sería en nuestro caso

$$R_0 = \frac{7 + 0,021 \times 5}{1,27} = 5,75.$$

Las piezas secundarias, es decir, los montantes *c* y las diagonales *g* sufrirán un esfuerzo de 1,6 y 1,25 kilogramos respectivamente por milímetro cuadrado, muy por debajo del límite adoptado; pero este exceso de resistencia se ha creído necesario para dotar al sistema de gran rigidez, evitándose asientos ó grietas en las bovedillas.

Conclusión.—Al publicar este artículo dar do á conocer un detalle del edificio más importante que actualmente se construye en el puerto de Barcelona, hemos procurado exponer la parte teórica de nuestro estudio en toda su generalidad. Ninguna idea nueva encierran los cálculos insertados, que se reducen á una sencillísima aplicación de los más elementales principios de la estática, y la única razón que podemos alegar para encomendarnos á la benevolencia de los lectores de la REVISTA, es el deseo de que parte de lo escrito sirva á alguno de nuestros compañeros, simplificando su trabajo en el caso de que juzgase oportuno aplicar una cercha semejante á la explicada.

FERNANDO ROJO Y SOJO.

UN APUNTE DE LAS CANTERAS DE TALIM ⁽¹⁾

VI

Como ya hemos dicho, funda su teoría el distinguido Ingeniero Sr. Prieto, en la hipótesis de que durante el corto tiempo que dura la explosión, la temperatura media es constante, desarrollándose los gases por capas concéntricas y esféricas.

Sentando esto, aplica la ley de Mariotte, en el supuesto de que los gases se expansionen hasta su mayor dilatación, en cuyo instante, calculada bien la carga, la presión que ejercen, hace equilibrio á la resistencia á la compresión de la roca y forma una oquedad, supuesta esférica, y que se denomina esfera de compresión.

En toda voladura se observa una cuádruple acción que da lugar á la formación de cuatro esferas: una de pulverización que tiene por centro el de percusión; otra de rotura que envuelve á la anterior; la de separación que es la que Prieto denomina media; y por último, una llamada de vi-

bración, hasta cuya superficie se extienden los movimientos y vibraciones producidas por la explosión. Dichas esferas y acciones se hacen visibles según el explosivo usado.

Representando el volumen de la esfera de compresión por *V*, por *p* la presión de los gases en aquel instante ó la resistencia de la roca, llamando *v* el volumen de la carga y *P* la presión inicial de los gases bajo el volumen *v*, podremos escribir:

$$V p = v P;$$

pero llamando *K* el peso en kilogramos de la carga: $v = \frac{K}{d}$, y representando por *r* el radio de la esfera de compresión, se tendrá:

$$V = \frac{K}{d} \cdot \frac{P}{p} = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3$$

Ahora bien: siendo el peso de un metro cúbico de la pólvora usada 850 kilogramos, la fuerza inicial de sus gases, ó sea $P = 29.000$ atmósferas ó kilogramos por centímetro cuadrado, y la resistencia de la roca 873 kilogramos por centímetro cuadrado, también según lo anteriormente dicho, tendremos:

$$r^3 = \frac{3 \times \frac{29.000 K}{850.873}}{4 \times \pi} = 0,009.329 K$$

$$K = 107,1926 \cdot r^3 \quad (1)$$

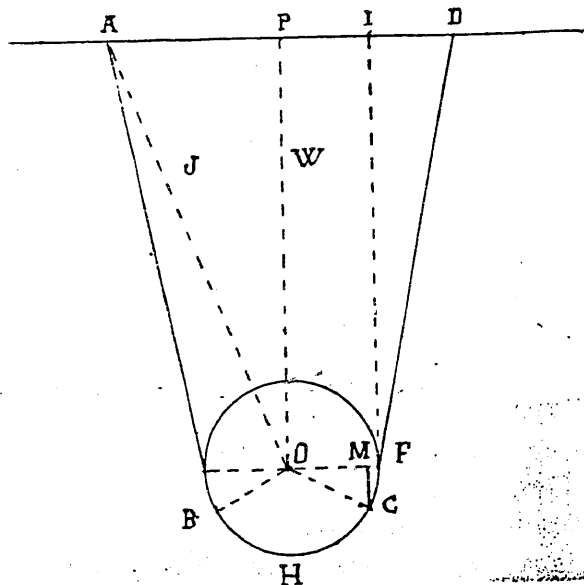
Si suponemos que la cantera estuviera limitada por una esfera de radio *j* cuyo centro fuera el de la carga, es evidente que su rotura tendría lugar, siempre que el esfuerzo ó presión que ejerciesen los gases fuese mayor que el necesario para vencer la tenacidad del terreno ó roca; calculándose la carga, igualando dichas cantidades y deduciendo el valor de *r*, única incógnita: así representando la tenacidad del terreno por centímetro cuadrado por *T* y ejerciéndose ésta en la corona limitada por los círculos de radio *j* y *r*, tendremos:

$$p \pi r^2 = T \pi (j^2 - r^2); \quad j = \pi \sqrt{\frac{p}{T} + 1} = r \cdot g,$$

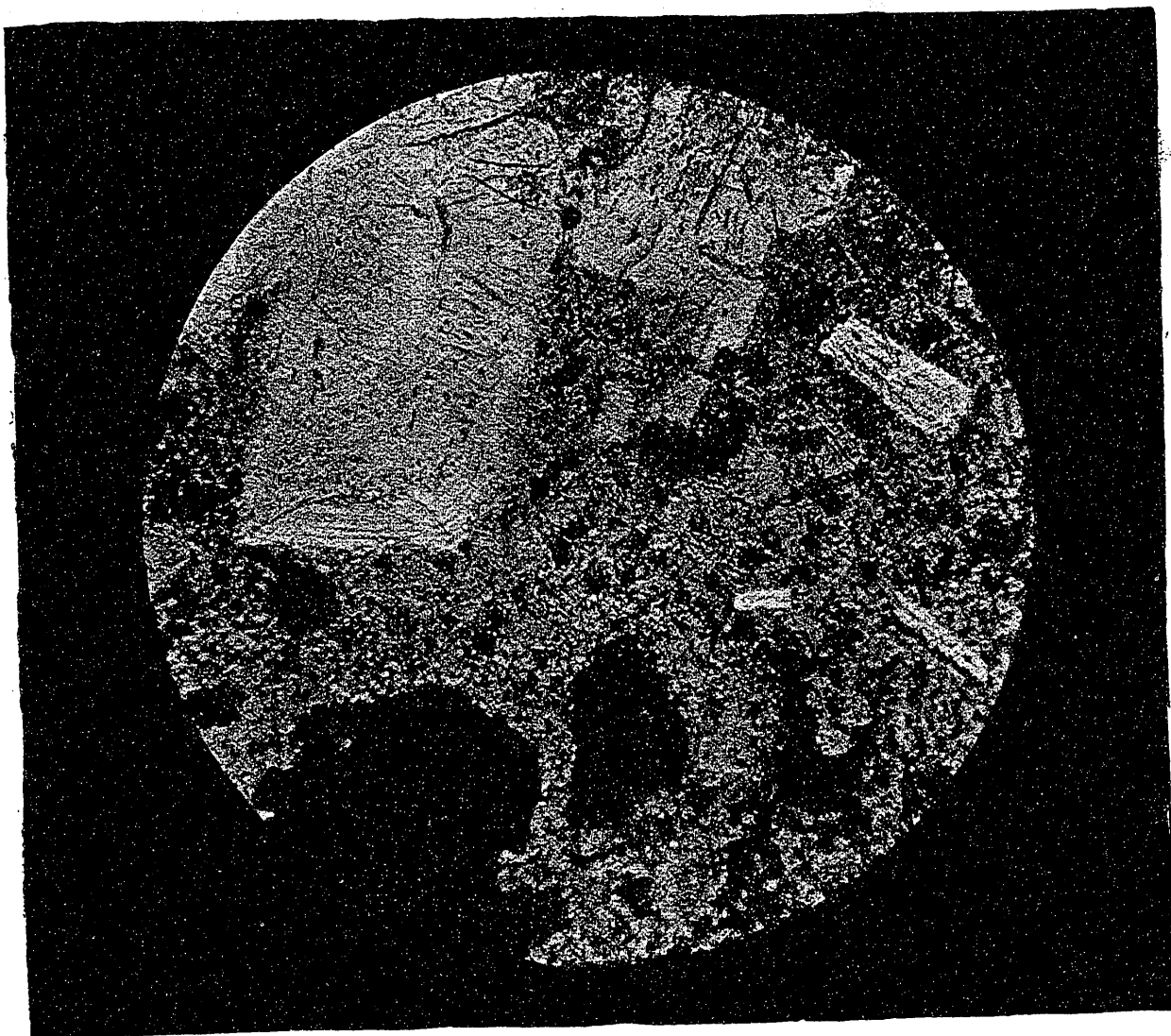
siendo

$$g = \sqrt{\frac{p}{T} + 1}.$$

No dependiendo *g* más que de la resistencia y cohesión del terreno, es evidentemente una constante ó caracterís-



(1) Véase el número anterior. Terminamos en este número lo que de esta interesante Memoria nos proponíamos publicar.



VISTA MICROSCÓPICA.—750 diámetros (andesita aujítica).

tica para cada uno, á cuya determinación experimental queda reducido el problema.

Para ello supongamos un cono de explosión tal como el ABCD; w la línea de mínima resistencia, j el radio de rotura y n y n' las relaciones $\frac{AP}{w}$ y $\frac{EO}{w}$. El triángulo rectángulo AOP dará

$$j = w \sqrt{1 + n^2}; \quad r = \frac{j}{g} = \frac{w \sqrt{1 + n^2}}{g}$$

Pero $\frac{cm}{om} = \frac{DE}{FE} = \left(\frac{n - n'}{n}\right) w = n - n'$,

y además

$$r = om \sqrt{1 + (n - n')^2} \quad \text{y} \quad r^2 = om \cdot n' \cdot w,$$

luego

$$r = w \frac{\sqrt{1 + n^2}}{g} = \frac{n'w}{\sqrt{1 + (n - n')^2}}; \quad g = \frac{\sqrt{1 + (n - n')^2} \times \sqrt{1 + n^2}}{n'}$$

Esta última fórmula es la que nos dará la característica g , para lo cual no habrá más que medir la línea de mínima resistencia y los radios extremos del cono de explosión.

Para tierras ordinarias $n = 1$ y $n' = \frac{1}{2}$, g , por tanto, será igual á 3,162. Para rocas calizas $g = 4'52$.

Sustituyendo en la fórmula (1) r por su valor $\frac{j}{g}$, y poniendo en vez de g el valor obtenido, tendremos determinada la carga en función del radio de la esfera media, el que á su vez se determinará por tanteos, con la condición de que en el espacio abarcado por la voladura, el vacío que quede entre ella y la esfera circunscrita al terreno, sea próximamente igual á la masa de roca comprendida entre la misma y la inscrita. Puede determinarse la característica, sin necesidad de hacer experiencias, por medio de la fórmula práctica

$$\frac{g'^3}{g^3} \times \frac{p'}{p} = 2,25$$

que enlaza la característica y la resistencia de la roca de que se trata con las de las tierras ordinarias.

Según ella, la característica de la roca de Talim, comparándola con la de las tierras, es:

$$j = 3,162 \sqrt{\frac{17,46}{2,25}} = 6,26.$$

En el sentido del frente de la cantera, el cauce de la explosión es mayor que el correspondiente al trazado de la esfera media.

Tal es, á grandes rasgos, el resumen del trabajo de Prieto, de cuya feliz aplicación á las canteras de Talim podrá juzgar el lector por lo que sigue.

VII

Presentan dichas canteras un frente de cerca de 700 metros, con una carga de 50 metros; la extratificación de la roca es notablemente desordenada, habiendo aparecido, según se ha ido llevando adelante la explotación, algunos bolsones de tierra.

La primera voladura en estas canteras se verificó en 27 de Mayo del 95, dos más en el mes de Junio, del mismo año; y en el 96 se han dado fuego, desde el mes de Abril al 12 de Julio, en que se explotó la primera galería, á otros dos pozos.

No existiendo apenas plataforma y no teniendo ésta la pendiente necesaria para que las aguas corrieran y para la facilidad de los arrastres, se comprenderá que se haya empezado por la apertura de pozos.

Antes de comenzar aquéllos y la galería, se practicaron ensayos con barrenos ordinarios, deduciendo de las dimensiones de las líneas de $m. r.$ y los radios de los conos de explosión, el valor 7,32 para la característica g del terreno ó roca. Para el cálculo de la carga del primer pozo adoptamos para g el valor 6,79, término medio entre el anterior y el deducido de la fórmula práctica

$$\frac{g^{\cdot 5} \cdot p^{\cdot}}{g^{\cdot} \cdot p} = 2,25$$

Suponíamos, por el estudio del terreno, que se encontraría la roca compacta á poca profundidad, pues en el punto de apertura se presentaban grandes cantos y el frente era de roca unida; sin embargo, según fué profundizándose, se encontraron tierras y piedra mezcladas, viéndonos por tanto obligados á seguir hasta encontrar la roca viva. El pozo estaba proyectado de 15 metros de profundidad por 10 de carga, para que la relación $\frac{A}{B}$ fuera el límite superior 1,5 aconsejado para los terrenos en masa, ó sea el inferior para los extratificados y naturalmente trastornados, en cuyo caso nos encontramos. Tuvi- mos, por la razón expuesta, que profundizar el pozo hasta los 23 metros, para cuyo punto el espesor era de 17. La relación $\frac{A}{B}$, pues, fué igual á 1,35. El radio de la esfera media, ó radio de rotura, nos resultó de 18 metros; por tanto, el de la de compresión 2,65 para la característica adoptada $g = 6,79$. La carga fué de 2.000 kilogramos redondeando la cifra obtenida. Abrimos el hornillo lateral, por temor á bocazo, dada la constitución desigual del terreno. Se dió fuego por medio del carrete Rumkhorff, alimentado por elementos Bunsen en tensión, que comunicaban la corriente, por intermedio de una línea de 500 metros de longitud y de alambre de cobre de un milímetro de diámetro, al cebo, compuesto de pistones eléctricos, que iban colocados de manera que se disparasen á un tiempo: además para todas las voladuras hemos puesto mechas de seguridad. El cálculo del número de elementos necesarios lo hemos hecho valiéndonos de la fórmula:

$$0,8 \text{ amperes} = \frac{E \cdot x}{L \cdot x + r + R + p \cdot y}$$

agregando siempre al valor de j un 50 por 100 por los errores y defectos. En dicha fórmula E representa la fuerza electromotriz en volts de cada elemento; L la resistencia del líquido; R la de los conductores principales; r la de los hilos entre las cargas; p la de un pistón; x el núme-

mero de elementos necesarios para siete pistones en circuito cerrado, é y la distancia entre dos minas consecutivas, que en nuestro caso era cero. El resultado de la voladura no pudo ser mejor. Oyóse un ruido sordo, se vió agrietarse el monte y derrumbarse, sin haber hecho proyección ninguna. De este derrumbe se llevan extraídas más de 18.000 toneladas, no habiendo llegado aún á la masa agrietada.

El segundo pozo excavado, lo fué en la cantera N. como el anterior. En vista del resultado del primero redujimos la relación $\frac{A}{B}$ haciéndola igual á $1,17 = \frac{20}{17}$ aumentamos en cambio el de $g = 6,5$, por si pudiera haber sido calculado con exceso, y por tanto ser la carga algo menor de la precisa. El radio de rotura era 18,5; por lo tanto $r = 2,83$, lo que nos dió para la carga 2422, que se redujeron á 2375 kilogramos. El cubo obtenido no fué más que 5.076 m.³, ó sea en la relación de cinco toneladas por kilogramo, suponiendo á la roca la densidad media obtenida.

Puede calcularse en otro tanto el volumen de tierras extraídas. El fenómeno de la voladura se verificó en igual forma; tampoco hubo proyección, pero el cono de derrumbe fué de mucha mayor base. Por esta razón, para el tercer pozo abierto en la cantera Sur, se rebajó aún más la relación $\frac{A}{B} = 1,14 = \frac{49,5}{47}$ y se disminuyó el valor de g hasta 6,35. El radio de rotura era en este de 16,5 y r , por tanto, 2,59; la carga fué, pues, 1.862 kilogramos que redujimos á 1.800. Este pozo y la galería han sido los más exactamente calculados. El volumen de roca obtenido ha sido 5.000 m.³

Para el cuarto y quinto pozo y la galería hemos tomado la misma g , que para el tercer pozo: elevando para el primero de aquéllos la relación $\frac{A}{B}$ á 1,5, por la forma del frente de la cantera, su constitución y la disposición favorable para la caída de los extractos. En éste j tenía 22,9 metros y $r = 3,60$; la carga resultaba 4.953 kilogramos, pero la redujimos á 4.900, que producirán seguramente más de 50.000 toneladas. Tampoco hubo proyección ninguna. El quinto pozo se practicó en la cantera Sur. Aprovechando la forma del frente, se empezó por una trinchera, á la que seguía un pozo que enlazaba con una galería de seis metros, en cuyo extremo se excavó la cámara. Por la forma escalonada del frente y la disposición de los estratos, rebajamos el valor de $\frac{A}{B}$ hasta ser aproximadamente el medio de los cuatro anteriores; así, pues, en éste era $\frac{A}{B} = \frac{21}{17} = 1,23$; $r = 16$; $j = 251$ y por lo tanto la carga 1.694 kilogramos. Sin embargo, la carga que se puso fué solo de 1.600 kilogramos.

Por último, para la galería excavada en la cantera N por la disposición poco favorable de los estratos para el derrumbe y por la forma redondeada del frente, aumentamos con éxito $\frac{A}{B}$ hasta $1,54 = \frac{57}{24}$. El radio de la esfera media era de 22,5 r , por tanto era 3^m,93, y la carga 6.450 kilogramos, que seguramente puede calcularse darán muy cerca de 70.000 toneladas.

En ningún pozo ni en la galería (1) hemos practicado dos hornillos, pues á pesar de sus ventajas, por aprovecharse la misma galería ó pozo de entrada para los dos, y

(1) La sección que se ha dado tanto á la galería como á los pozos, ha sido la precisa para poder trabajar un hombre. En ningún caso ha sido más de un metro cuadrado.

disminuirse las pérdidas de pólvora debidas á inflamaciones incompletas de la carga (1), tiene esta disposición el grave inconveniente de que en general no se consigue producir la explosión simultánea de los dos.

El término medio de costo total por metro lineal, incluyendo el valor de la carga de pólvora y el de apertura de pozo ó galería, ha sido de 45,65 pesos. El de apertura, por metro lineal también, no incluyendo más que los jornales, medios auxiliares y barrenos, ha sido 16,8 pesos, resultando por lo tanto una economía de más del 33 por 100, aun no teniendo en cuenta los cambios, con respecto á los precios consignados para Europa en los cuadros de M. Schoen. Para el primer pozo fué de 23,85, siendo para el segundo, tercero, cuarto y quinto respectivamente: 21,71; 15,41; 11,49 y 11,03.

El precio de arranque por tonelada ha resultado á \$ 0,023.

Tales han sido las voladuras que suministrarán al puerto de Manila más de 200.000 toneladas en un año.

Entendemos que la clave del éxito obtenido ha estado en haber hecho detenido estudio del terreno y calidad de la roca, y al comparar las cargas que dan las reglas prácticas conocidas con las deducidas por la determinación de la característica del terreno y aplicación de la teoría expuesta, haber tomado las inferiores, reduciéndolas aún, si en el campo de la voladura la estratificación de la roca, su calidad, ó la proporción de roca descompuesta y tierras, así lo indicaban.

MANUEL BECERRA.

CAMINOS VECINALES

(Continuación) (2).

A tan numerosas atenciones tienen que dedicar las provincias los fondos de su reducido presupuesto de ingresos, y como es lógico, han de procurar atender primeramente á aquellas precisas y obligatorias, antes de dedicarse á la construcción del plan provincial cuya utilidad comprenden, pero el que no siendo obligatorio descuidan, porque el estado de su tesoro no les permite sufragar los gastos de esta clase de obras, cuyo presupuesto es de importancia comparable con el total de ingresos.

Para apoyar con números nuestro razonamiento, vamos á indicar á la ligera las cantidades que figuran en ambos presupuestos para una provincia de tercera clase, que más bien puede incluirse entre las ricas que entre las pobres, y cuya Diputación, aunque difícilmente, va cumpliendo con sus principales obligaciones. El primer capítulo que figura con ingresos es el IV; «Repartimientos entre los pueblos,» en el cual el 13,41 por 100 sobre las contribuciones figura por 576.154 pesetas con 87 céntimos: es como hemos dicho el principal y el tanto por ciento recargado es grande.

Los ingresos propios de los establecimientos de Beneficencia figuran por 75.050 pesetas 33 céntimos.

Los ingresos extraordinarios del capítulo IV dan la cantidad de 3.500 pesetas.

En el capítulo XI, art. 2.º, «Créditos pendientes de recaudación», se tienen 107.883 pesetas con 13 céntimos.

Mientras que en este presupuesto la mayoría de los capítulos no figura por cantidad alguna, en el de gastos casi todos ellos encierran obligaciones precisas.

El capítulo I comprende:

	Pesetas.
Gastos de la Diputación, con..	57.874,95
Material de las dependencias.	10.200
Comisiones especiales.	2.500
Obras públicas.—Sección de arquitectura.	2.833,32

El capítulo II:

Quintas, con.	5.800
Bagajes.	14.000
Elecciones.	5.000
Calamidades.	2.500

En el capítulo III figuran:

Travesía de carreteras..	99.853,82
presupuesto de la reparación de un puente. No se explica cómo está incluido en este artículo.	

Capítulo IV:

Pensiones.	2.500
Contratos.	5.614,23

Capítulo V. Instrucción pública:

Junta provincial.	17.691,66
Institutos.	40.586,27
Escuelas Normales.	8.715
Inspección de Escuelas.	3.750
Bibliotecas.	3.250

Capítulo VI, «Beneficencia», es el que para sí necesita la mayor parte del presupuesto:

Atenciones generales.	86.000
Hospitales.	160.190,82
Casas de misericordia.	211.746,48

En el capítulo VII:

Cárceles.	31.009
-------------------	--------

El capítulo VIII:

Imprevistos.	15.000
----------------------	--------

El IX y el XIII son los únicos que no tienen cantidad presupuesta. El X:

Subvención de carreteras.	15.833,30
Construcción de carreteras provinciales.	0,00

Capítulo XI:

Obras diversas.	31.701,40
-------------------------	-----------

Capítulo XII:

Otros gastos.	13.110,00
-----------------------	-----------

El resumen de los presupuestos es:

Total general de ingresos.	762.588,33
Idem de gastos.	844.260,25
<i>Déficit</i>	81.671,92

Aun considerando en el presupuesto de ingresos que se realiza todo el importe del repartimiento, cosa improbable, y que se hace efectivo el total de los créditos pendientes, difícil también por el mal estado de los municipios,

(1) Por este motivo se preconiza que no debe pasar la carga de un hornillo de 10 á 12 toneladas.

(2) Véase el número anterior.