
ANALES DEL INSTITUTO DE INGENIEROS

EXPLOTACION DE LA CANTERA DEL ARENAL

El material para la mampostería del dique seco de Talcahuano ha sido tomado de una cantera de granito amfibólico o syenita, situada muy cerca de la línea de los ferrocarriles del Estado entre San Rosendo i Turquía, denominada cantera del Arenal.

Para la estraccion aproximadamente de 50,000 metros cúbicos de piedra, la Empresa Dussaud ha seguido el sistema de grandes minas, como en mayor escala lo había aplicado anteriormente para las obras del puerto de Triest (véase *Handbuch der Ingenieurwissenschaften* Band IV, Abth. 3 páj. 13) i como no es siempre fácil encontrar datos sobre esta materia, daremos una descripcion de esas minas i de la manera como ha sido determinada su carga, citando dos ejemplos que son tomados de la práctica i que han producido en realidad el efecto que se esperaba.

En la figura 1 de la lámina I la línea *a b* representa el pie de la montaña de que se deseaba hacer saltar una parte. Con este objeto se ha hecho en una altura de 4,40 m. encima del terreno natural, una galería horizontal de 0.80 m. por 1.00 m. de claro, estendiéndose en línea recta sobre un largo de 12 m. i yendo despues a la derecha i a la izquierda sobre un largo respectivo de 7.40 m. i 10.80 m. Estas galerías laterales conducen a pozos verticales, que se terminan, mas o ménos a la altura del terreno natural, en cámaras mas espaciosas, destinadas para el depósito de la pólvora.

Para el cálculo del cubo de piedra que podría ser movido con una carga correspondiente de material explosivo, se han determinado los perfiles verticales del cerro sobre el eje de la galería principal (fig. 2) i paralelo a esta direccion sobre los dos pozos verticales (fig. 3 i fig. 4); i como el cerro presentaba un perfil mucho mas débil en la direccion M N, que en la direccion C D, este último perfil (fig. 5) tambien ha sido tomado en cuenta.

El límite hasta donde se estimaba que la roca sentiria el efecto de la explosion fué determinado sin regla fija i se ha supuesto que este límite seria indicado por una línea inclinada K J, que en los perfiles C D i E F une el fondo de las cámaras de pólvora con un punto en la superficie de la roca que se proyecta horizontalmente como a 12 o 13 metros mas al interior de la montaña.

El perfil C D, así limitado, tiene una superficie de 590 m^2 , el perfil M N 515 m^2 , siendo el término medio de ambas superficies 553 m^2 . El perfil E F tiene 597 m^2 de superficie i el término medio entre ésta i el término medio anterior es 575 m^2 . El perfil intermedio A B ha quedado fuera de consideracion i se ha admitido 575 m^2 como la superficie media del perfil sobre la parte de roca que seria dislocada por el esfuerzo de los gases.

Ahora se trata de saber sobre que largo de frente la mina haria sentir su efecto. Este largo tampoco ha sido determinado segun una regla invariable i ha sido necesario hacer nuevamente una suposicion. Siendo la distancia de los dos depósitos de pólvora de cerca 20 m., se ha supuesto que la mina haria efecto sobre 8 m. mas en ambos lados, o sea sobre un largo de frente total de 36 m., de manera que la carga de explosivo habria que calcularla para un cubo de $36 \text{ m.} \times 575 \text{ m.}^2 = \text{cerca } 20,000 \text{ m.}^3$ de piedra.

La mina ha sido cargada con pólvora, preparada en la cantera mezclando 70% de salitre con 15% de azufre i 15% de carbon pulverizado. Esta pólvora de propia fabricacion, es ménos

rápida i ménos fuerte que la del comercio, pero hai una gran diferencia de precio.

Si se exajera la carga de la mina se corre el peligro de que grandes bloques salten hácia adelante, lo que tenia que evitarse a toda costa porque la línea del ferrocarril del Estado pasa a unos pocos metros. Por otra parte existia el peligro de que con una carga demasiado débil no se obtuviese el efecto deseado, lo que traeria consigo una gran pérdida de tiempo i de dinero. La determinacion de la cantidad de pólvora que se necesita por metro cúbico, es pues otro punto tan delicado como el de la esfera de accion de la mina i ella está ménos sujeta todavía a una regla fija por no depender solamente de la naturaleza de la piedra sino tambien de su estratificacion.

El granito del Arenal es de la clase mas dura i para él se podia sentar como límites que un kilogramo de pólvora dislocaría entre 3 m.³ i 3½ m.³ de piedra, necesitándose por consiguiente para los 20,000 m.³ una cantidad de pólvora de 5,700 hasta 6,600 kilogramos. Como la roca era sana, sin rasgaduras a la vista, por las cuales los gases habrian podido escapar, habia razon para acercarse mas al límite inferior i así se ha fijado para esta mina una carga de 6,000 kilogramos. De esta cantidad se han colocado 2,900 kilogramos en la cámara derecha i 3,100 kilogramos en la izquierda, porque en este lado la direccion de las capas hacia suponer que se necesitaria mayor esfuerzo para levantar la roca.

El resultado ha sido perfecto, la montaña fué levantada solamente en el sentido vertical i volvió a caer casi en el mismo lugar en bloques sueltos sin que saltaran piedras que habrian interrumpido el tráfico en la línea de los ferrocarriles del Estado i, como se ha podido juzgar, la mina produjo la cantidad de material que se habia estimado.

La mina II se relaciona al segundo ejemplo. La línea *a, b, c, d*, de la fig. 1 representa el pié de la roca, cuya parte derecha ya

habia sido apartada por una mina anterior. Para la confeccion de la galería principal se ha aprovechado una rasgadura i la idea fué botar solamente la parte situada al lado derecho de esa rasgadura.

Las figuras 2, 3 i 4 dan los perfiles sobre A B, C D i E F.

El cubo de piedra por dislocar ha sido estimado en 5,500 m.³ i la carga en 1,500 kilogramos. Aquí tambien el resultado ha sido completamente satisfactorio.

Para cargar i poner el fuego a las minas se ha procedido de la manera siguiente: Primeramente se coloca en la galería un tubo de madera *c* (fig. 6, lámina I) de seccion cuadrada i mas o ménos 10 cm. de lado. Este tubo sirve para envolver los hilos eléctricos, un tubo de plomo, que se llena cuidadosamente con pólvora de grano grueso del comercio i todavía dos mechas impermeables.

Para una mina con dos cámaras es por supuesto de mucha importancia que los dos disparos sean simultáneos a fin de obtener el mayor efecto i se empleará por consiguiente de preferencia una corriente eléctrica. Las estremidades de los hilos se unen con una cápsula de las que se encuentran en comercio i esta cápsula se pone en un cartucho de dinamita. Por precaucion se toman dos, una detras de la otra i se envuelven los dos cartuchos en un saco bien cerrado que contenga unos 20 kilogramos de pólvora de grano grueso (véase fig. 7, lámina I). En cada una de las cámaras se pone uno de estos sacos.

Ademas se terminan en estas cámaras los tubos de plomo llenados con pólvora, con que se puede obtener una esplosion casi simultánea cuando se toma la precaucion de dar un mismo largo a los dos ramos desde el punto de division, así que pueden reemplazar a la máquina eléctrica si acaso ésta no funciona. Por último, han de servir las mechas, si tambien el tubo de plomo rehusara su servicio por causa de una llenadura defectuosa.

Colocado pues, el tubo de madera con sus accesorios, se cons-

truye sobre las cámaras de pólvora un pequeño techo de viguetas de madera i se pone encima de este techo una buena capa de albañilería con mezcla fuerte, tomando por supuesto la precaucion de dejar alrededor del tubo de madera un espacio libre para vaciar por él los sacos de pólvora. Escusado es decir que no debe emplearse luz mientras que los hombres acarrean la pólvora i aun se hace bien en prohibirles los zapatos con clavos. Llenada la cámara se cubre la pólvora con una capa de paja para protegerla contra la humedad i se llenan en seguida, siempre trabajando en la oscuridad, los pozos verticales i las galerías laterales con albañilería con mezcla de cemento i lo demas con albañilería de piedra seca. En la mina grande con dos pozos, se emplearon seis barriles de cemento.

En el pozo de la mina del segundo ejemplo, la que tenia solo 1,500 kilogramos de pólvora, se ha creido conveniente empustrar en la albañilería dos grandes pedazos de madera (véase fig. 5, lámina II) por temor de que encontrasen los gases una salida demasiado fácil por la galería relativamente corta, como ha sucedido en 1851 en las canteras para el puerto de Holyhead, donde tal accidente ha costado la vida a varias personas. (1)

JACOBO KRAUS

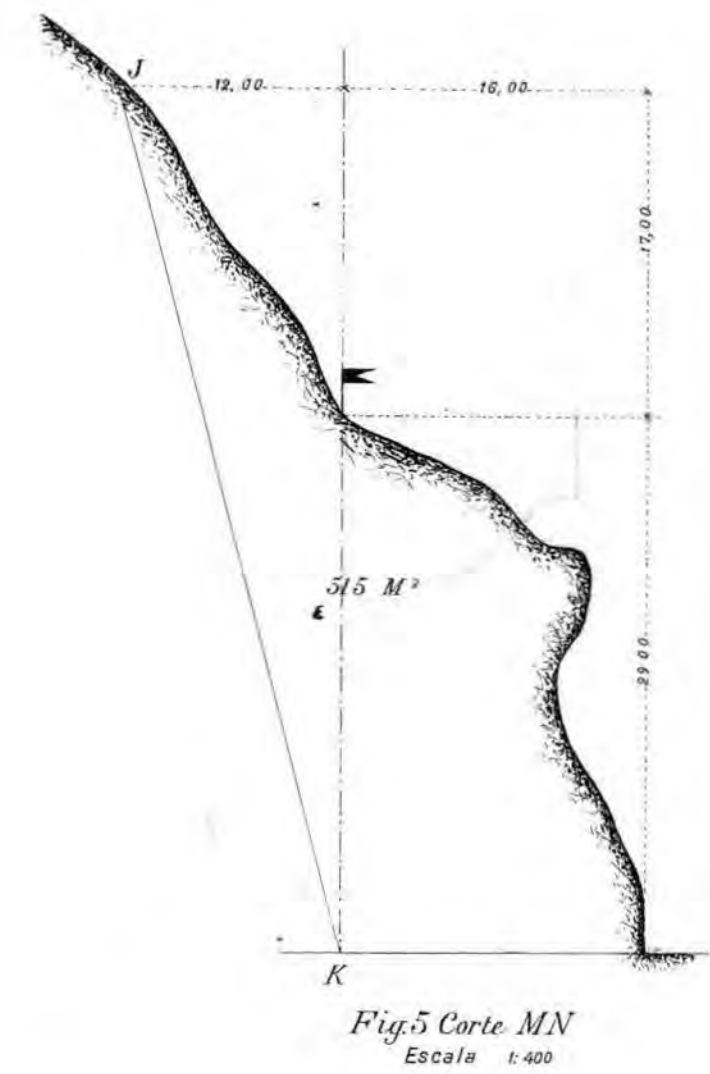
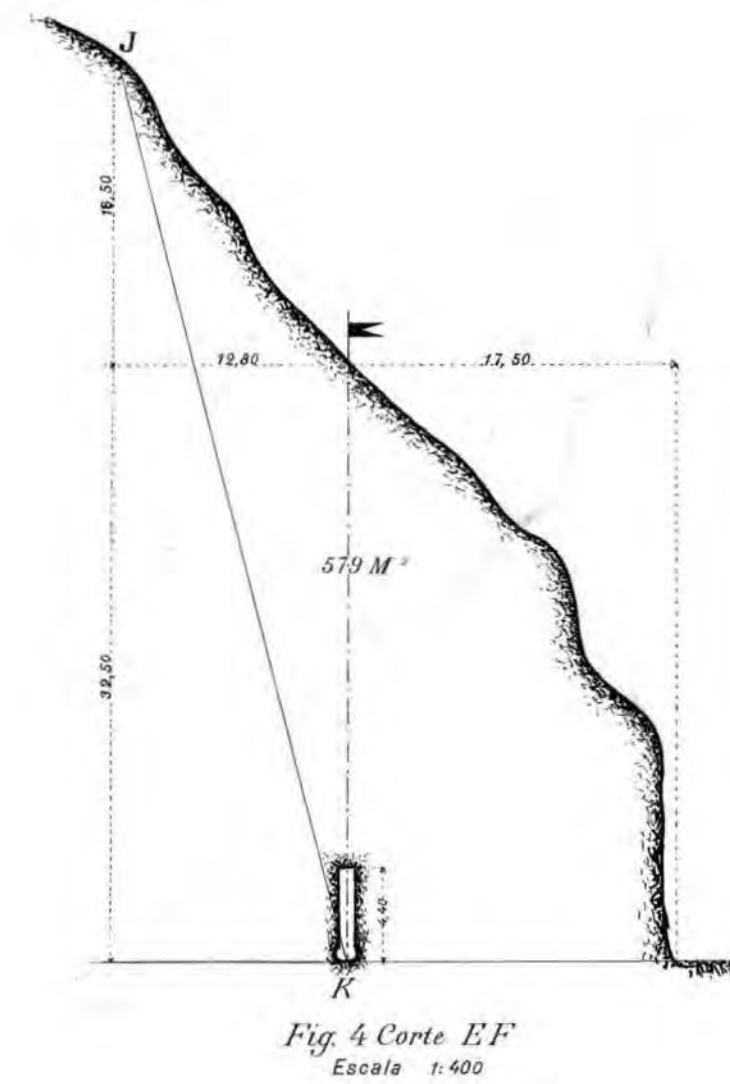
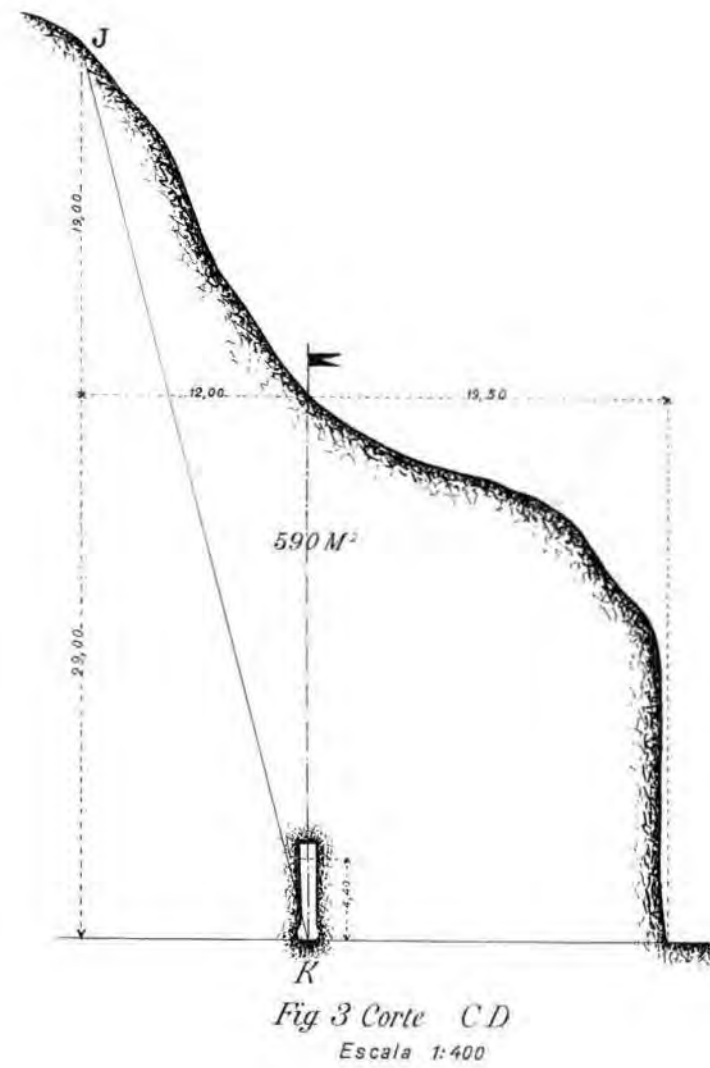
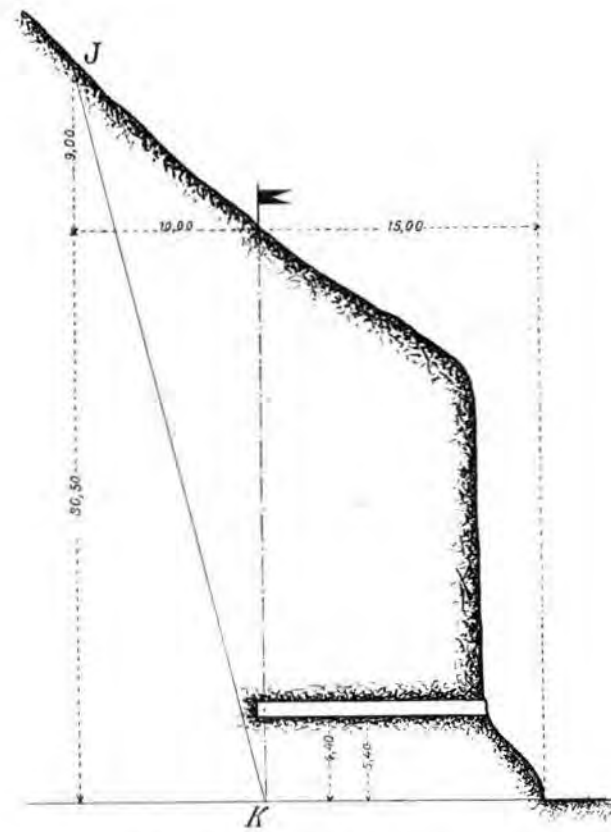
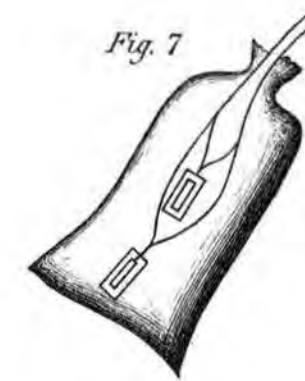
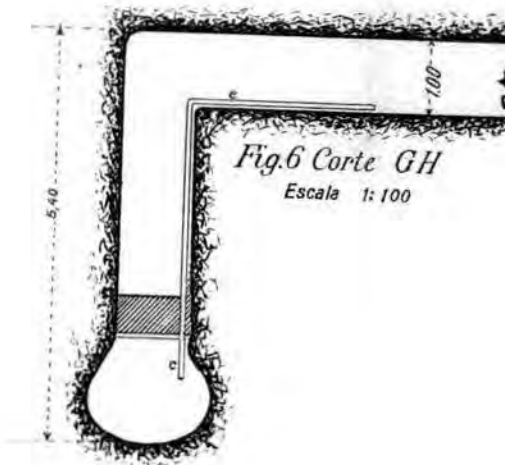
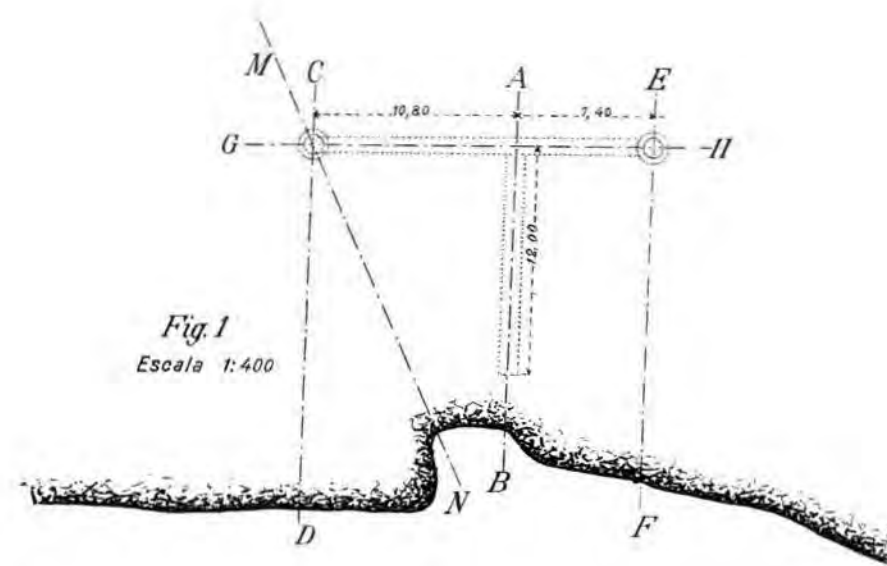
Talcahuano, Julio 1895.

(1) Véase G. Hagen. *Handbuch der Wasserbaukunst*, Dritter Theil, Dritter Baud 7 63, páj. 433 «Gewinnung der Lteine».



Esplotacion de la Cantera del ARENAL

Lamina n.º 1



Esplotacion de la Cantera del ARENAL

