

con el nuevo, se proyecta éste de ladrillo, y aligerado por medio de bovedillas. En su parte superior va una vigueta transversal de hierro situada á 1^m,08 de la última del puente, salvándose el espacio comprendido entre ellas por medio de hierros Zorrés, sobre los cuales van el firme y los paseos.

Por último, como las vigas parabólicas tienen una anchura de 0^m,95, los paseos del puente sobresalen en planta de los de la carretera, y para pasar de unos á otros se han prolongado los largueros exteriores de los mismos, haciéndoles cambiar de dirección hasta apoyarse sobre los muros de acompañamiento.

La elevación de la rasante exige también colocar sobre éstos una nueva hilada de 0^m,44 de altura que se proyecta de sillería como coronación.

ESTRIBO DE LA MÁRGEN IZQUIERDA.

El estribo de la margen izquierda se funda, según ya dijimos, en el banco de roca arenisca que constituye la orilla izquierda del río: estando completamente fuera del agua, no ofrece nada de particular.

(Se continuará.)

J. PANO.

APLICACION DE LAS VOLADURAS,

Á LAS EXPLANACIONES DE CARRETERAS Y FERRO-CARRILES.

I.

(Lámina 42.)

El desarrollo dado en nuestro país á las obras públicas en épocas no lejanas, y el que forzosamente han de tener en la actualidad, tanto para abrir nuevos veneros de comunicación y transacción á los riquísimos productos de nuestro feraz suelo, como para la aplicación inmediata de brazos que, con inmenso dolor para la patria, han tenido alejados de la industria y el trabajo nuestras discordias civiles, nos impulsa hoy á ocuparnos de un asunto que, si bien es del carácter distintivo de nuestra publicación, hubiéramosle retrasado hasta haber adquirido sobre él mayor suma de datos prácticos para presentarle sin sujeción á controversias y con todos los antecedentes científicos que su importancia reclama: mas como la adquisición de estos antecedentes ha de ser consecuencia de nuevos experimentos que, en vista de los ya obtenidos, pudiéramos llamar comparativos, y su desarrollo y provechosa aplicación á las obras públicas habría de motivar alguna alteración en la actual legislación y forma de estos trabajos, no vacilamos en adelantar nuestro criterio,

basándole en científicas operaciones que hemos llevado á cabo, por si fuese digno de merecer la atención de los que se dedican á la construcción.

Las voladuras, ó mejor dicho, las minas de guerra, sabido es que se les supone su origen en el famoso sitio del castillo del Huevo (bahía de Nápoles), bajo la iniciativa del capitán español Pedro Navarro, y como elemento poderoso para el ataque y defensa de las plazas en el arte militar, mereció que eminencias reconocidas estudiaran y se ocupasen con el mayor interés de este sistema, especialmente en el pasado siglo y principios de éste, escribiendo sobre hechos prácticos luminosas Memorias y deduciendo teorías que, aunque divergentes y en nuestro juicio de no definitiva verdad, convenían en su parte más esencial, siendo las principales de aquéllas las escritas por Belidor, Gillot, Marescot, Cormontaigne, Mouzé, Le Febure, etc.

Sobre la base de estas teorías continuáronse algunos experimentos é hicieron deducciones que han servido de tipo en la generalidad de los trabajos de fortificación, y los adelantos en la ciencia militar, especialmente en la construcción de armas de gran alcance, vinieron á neutralizar en un tanto la aplicación de este sistema: mas el sabio y malogrado brigadier de Ingenieros D. Gregorio Verdú volvió á darle importancia con su *Memoria sobre la aplicación de la electricidad á la voladura de los hornillos*, siendo varias y satisfactorias las pruebas que de ello se han venido haciendo en las escuelas de Ingenieros militares, aunque no se le ha dado al parecer gran preferencia para las modernas operaciones de guerra; de aquí que los pocos experimentos prácticos y el desuso en que al parecer ha caído este sistema en la ciencia militar, no haya estimulado á los Ingenieros á analizar y complementar los datos de este complicado problema, según fueran los deseos expresados en la citada Memoria de Mouzé y otras, y según hubiera sido facilísimo á su inteligencia y de reconocida y segura conveniencia para algunos trabajos, especialmente para los de obras públicas.

Diferentes veces había sido aplicado en éstas, más que como medio de generalizarlo, para resolver casos concretos y particularísimos; y circunstancias de seguro atendibles habían venido limitando aquellas pruebas, llegando al extremo de hacerse rara su aplicación, y más difícil, por lo tanto, el perfecto conocimiento de sus detalles: mas una

carretera recientemente construida en España, que por su situación, calidad y accidentes de su terreno, y especialmente por su gran volumen de excavaciones, se hacia casi imposible explanarla por los medios ordinarios, movió á los Ingenieros encargados de su vigilancia y á la Empresa constructora á recabar autorizacion de la Superioridad para emplear el sistema de voladuras, que les fué concedido, y el feliz resultado de trescientas y tantas operaciones de éstas han podido suministrar una copia de datos que llenan en un tanto las aspiraciones de Mouzé, é inclinan al convencimiento de que su desarrollada aplicacion á la construccion de carreteras y ferro-carriles es, no solamente posible, sino convenientísima á los intereses de la industria y del Erario, que es el objeto que nos proponemos demostrar en este modesto trabajo.

Múltiples han de ser las condiciones á que ha de responder esta manera de desmonte para satisfacer las exigidas oficialmente á la seccion trasversal de un ferro-carril ó carretera, y la enumeracion de ellas será motivo de nuestras explicaciones en cada caso que las influyen la calidad y forma de los terrenos: mas como el problema es complejo, y nuestro punto de partida para llegar á una aceptable solucion debe ser subordinar los medios al fin y no el fin á los medios, formularemos las condiciones que á nuestro parecer han de ser esenciales para hacer conveniente este procedimiento y poderle dar generalidad en la práctica, así como las ventajas que sobre los medios ordinarios ofrezca su aplicacion.

1.^a Dada la seccion longitudinal y trasversal de un ferro-carril ó carretera, y cuando la cota en el eje exceda de 5 metros, comprendiéndose los terrenos desde la tierra dura á la cuarcita más fuerte, ¿es practicable y ventajosa la explanacion por medio de minas sin que sus resultados puedan afectar sensiblemente la rasante ni la forma é inclinacion señalada de antemano á los taludes?

2.^a ¿Puede muy aproximadamente conocerse de antemano el sólido de explosion de una mina, bien sea en trinchera ó en terrenos á media ladera cortados verticalmente ó acantilados, siempre que para la carga y colocacion del horno ó martillo se tenga en cuenta la calidad de aquéllos y su estratificacion?

3.^a ¿Puede tambien apreciarse aproximadamente *à priori* la influencia de los gases más allá de la superficie de rotura de la voladura, dada la clase del terreno, para poder tenerlo presente y evitar desprendimientos en la seccion ya definitiva?

4.^a ¿Es alterable el volúmen regular que relacionado con la linea de mínima resistencia se ha venido y viene adoptando constantemente en todos los últimos tratados, cuando la tenacidad de los terrenos excede de la clasificacion de tierra dura?

5.^a ¿Permite este procedimiento la compensacion entre el menor precio dado á la unidad y el aumento de desmonte en fuertes movimientos para evitar en los trazados de carreteras muchos túneles y grandes desarrollos por el temor de pasos difíciles?

6.^a ¿Pueden con todas las condiciones de belleza y solidez en determinados pasos, calidad y forma de las rocas, fundar media carretera en desmonte y la otra mitad sobre la fuerte escollera que éste haya producido?

A todas estas preguntas y otras más que del asunto se desprenden, nos atrevemos á contestar afirmativamente; y para exponer á mejor juicio los motivos de nuestra aseveracion, trataremos en primer lugar de expresar la forma del volúmen que nos resultaria en cada caso, habida cuenta de la distincion geológica del terreno y de la linea de menor resistencia de la mina, para que este volúmen, que á nuestro juicio difiere del que hasta hoy se establece con sujecion á una fórmula, pueda servir de base á los razonamientos que nos proponemos explanar.

II.

Hemos ofrecido en nuestro artículo anterior determinar el volúmen que nos resultaria en cada caso valiéndonos de la linea de mínima resistencia y distincion geológica del terreno, y teniamos en ello por objeto, al mismo tiempo que traducir este volúmen en fórmulas concretas para base de nuestro propósito, hacer la comparacion, y áun destacar la diferencia que en determinados casos resulta con la generalmente admitida hasta hoy en los tratados de fortificacion y memorias sobre esta materia: mas como pudiera considerarse aventurado y quizá atrevido el objetar á reputaciones tan superiores como las de los que han escrito sobre el asunto, así como tampoco el temor de una sencilla falta debe velar los impulsos del espíritu, y más cuando se cree tener la íntima conviccion de la bondad del hecho, vamos á permitirnos ante todo, pues lo creemos necesario, dar una ligera idea de las opiniones emitidas (que nos sean conocidas) sobre los elementos y forma del *entenoir*

ó volúmen desalojado por el efecto de una voladura, modo de fijar los puntos que puedan aparecer de contacto con nuestros experimentos; obligándonos tanto más la necesidad de sentar estos precedentes, por cuanto la aplicación de las voladuras en el arte militar, difiere algo de nuestro propósito.

Sabido es que las minas en la ciencia de la guerra, se han mirado siempre como un elemento poderoso de destrucción, y el criterio predominante en el estudio de aquéllas pueden condensarse en este principio: **HALLAR EL MAYOR EFECTO DESTRUCTOR empleando el ménos tiempo posible;** prueba de nuestro aserto es el haber mirado como un gran adelanto los globos de compresión de Belidor, en los cuales, prescindiendo de la economía, se acrecen considerablemente las cargas para obtener mayor radio de rotura, y la teoría de Mouze, que elevando también dichas cargas, reduce el atraque para ganar tiempo, llegando hasta suprimirle en determinados casos, en su afán y conveniencia de la celeridad.

Aunque los citados autores, los que les precedieron y después han escrito sobre la materia, han llevado su espíritu investigador y estudioso hasta analizar y demostrar en detalle todos los efectos de una voladura y sus alcances interiores para preservar ó destruir las galerías subterráneas, su punto de vista, como se comprende, no es el que corresponde á nuestro objeto, que tiende á hacer aplicable este procedimiento dentro de una zona limitada, y que ha de afectar una forma especial, con más sujetarse á determinadas condiciones; razón por la cual tenemos que mirar la mina como un **AGENTE DE EFECTOS CONOCIDOS para aplicarle á un fin dado**, y tratar en primer término de concretar la forma del volúmen que nos resultaría en cada caso, á diferencia de los citados autores que, estimando de poca monta el exceso, han creído conveniente establecer un volúmen medio ó fórmula compensadora.

Vauban, como consecuencia de sus primeros experimentos en la aplicación de las minas al ataque de las plazas, calculó su tabla para las cargas, considerando el *sólido de explosión* ó volúmen desalojado por una voladura como un *cono invertido* C B D fig. 1.^a, cuya cúspide ó vértice se encontraba en el centro de las pólvoras B y cuya altura A B llamada *eje de explosión* ó *línea de mínima resistencia* era igual á la mitad del diámetro C D ó radio A D de la *Hoya*. El lado B D del cono,

ó sea la línea tirada desde el centro de las pólvoras á cualquiera punto de la circunferencia de la base, se la llama *radio de explosión*, y su relación con la altura y radio A D facilita poder conocer *a priori* cualquiera de los elementos del *sólido*, cuyo volúmen está representado por $1,05 H^3$ llamando H á la *línea de mínima resistencia*. El referido cono está apreciado bajo el supuesto de hallarse abierta la *cámara* B que con la carga toma el nombre de *hornillo*, bajo un terreno horizontal, y de esta hipótesis han venido partiendo para sus cálculos la generalidad de los autores.

Megrigny, en sus pruebas hechas en Tournai por orden del Mariscal Vauban, fué el primero que expuso como resultado de sus experimentos que la forma del entenoir ó embudo, era un cono truncado invertido C D E F cuyo diámetro E F era igual al radio A D de la base mayor é igual á la línea de *mínima resistencia* A B y su volúmen, llamando H á esta línea como anteriormente, y haciendo uso de la relación de Arquímedes, está expresado por $V = \frac{22}{21} H \left(H^2 + \frac{H^2}{4} + \frac{H^2}{2} \right)$, y representado por la fórmula $\frac{11}{6} H^3$. Este dato es el que ha venido y viene aceptándose por los llamados *mineros modernos*, en todos sus tratados como base de sus cálculos para las cargas, y las minas que se rigen por él se conocen con la denominación de *hornillos ordinarios*.

El general Valliere, que, según Belidor debía considerársele en su tiempo como el restaurador de la ciencia de las minas, creyó encontrar en sus multiplicadas pruebas de hornillos que los lados y base menor del cono después de su completa limpieza afectaban una forma cóncava, y concluyó por asegurar que el sólido de explosión era un paraboloides C G D, fig. 5.^a, cuyo foco pasa por el centro B de las pólvoras, siendo la línea de *mínima resistencia* A B igual al radio A D de la base, y la altura B G del casquete destacado por el hornillo la cuarta parte del *parámetro*. Para calcular el volúmen, como el punto G es desconocido, en la prolongación del eje de abscisas se toma una distancia G H igual G B y en la perpendicular L K levantada en el punto H se tiene la directriz de la parábola; y siendo el radio vector (*radio de explosión*) B D, igual A G más G H, al mismo tiempo que la hipotenusa del triángulo, rectángulo é isósceles B A D, puede desde luego hallarse su longitud, á la cual restándole la línea de *M.^a R.^a* A B da la diferencia B H, que dividiendo por dos da á conocer el punto G. El volúmen calculado le establece por la

fórmula $1,90 (AB)^3$ ó bien $1,90 H^3$, y Cormontaigne adoptó también esta forma de sólido para el cálculo de sus obras.

Belidor, á pesar de sus elogios á Valliere, no aceptó su paraboloides, y en su tratado de minas y contraminas admitió para forma del entenoir el tronco de cono, fig. 2.^a, con un desplazamiento en la base menor EPF que asemejó á un *cul de chaudron* ó fondo de caldero: mas en su nueva teoría sobre las minas, ó sea el descubrimiento de sus célebres globos de compresion, consecuencia de largos y minuciosos experimentos, negó completamente sus primitivas apreciaciones, atacando á su vez las opiniones establecidas, concluyendo por asegurar, despues de científicas y detalladas disertaciones, que el *sólido de explosion* en los hornillos llamados ordinarios era un cono CBD, fig. 4.^a, cuya cúspide B un poco redondeada se hallaba en el fondo de las pólvoras. La teoría de los globos de compresion dió una gran importancia á las operaciones de guerra, especialmente al ataque de las plazas, y aunque no es nuestro ánimo entrar ahora en sus fundamentos y detalles, debemos dar una idea de las conclusiones del autor sobre el volúmen, asunto al presente interesante para nuestro objeto.

Si bajo un terreno horizontal y compresible colocamos una cantidad de pólvora á una profundidad tal como la AB, capaz con su inflamacion de producir un sólido CBD en que AB igual AD, éste sera un *globo de compresion ordinario*, ú *hornillo de prueba*. Como por la teoría las cargas son proporcionales á los cubos de los radios de explosion, si en igual terreno, y bajo la misma línea de minima resistencia AB se quisiera hallar un radio dado en la base, tal como el AE, se calcularia la longitud de la hipotenusa del triángulo BAE y llamando CC' á las cargas, se tendria $C' = C \cdot \frac{(BE)^3}{(BD)^3}$ para la del globo de compresion FBE. Por el mismo medio se podia hallar el GBP cuyo diámetro GP es igual á seis veces la línea de M.^a R.^a, límite, segun Belidor, del alcance de los globos. Además, las mismas cargas en igual clase de terreno producen siempre los mismos radios de explosion; así, pues, si se coloca la carga C á la profundidad H de la línea de M.^a R.^a AH el sólido que produce es $h H h'$, en que $H h'$ igual BD.

Como dato experimental para las cargas, y que pueda relacionarse con cualquiera hornillo, supone: que para producir uno *ordinario* ó de prueba cuya línea de M.^a R.^a y radio de la base sean am-

bas de 10 piés, lo cual da 2.828 para el cubo de su radio de explosion, en un terreno de la consistencia de la tierra dura, se necesitan 170 libras de pólvora: con estas dos cantidades y en terreno igual ó semejante, puede hallarse la carga del hornillo ó cualquiera de los elementos de un sólido de explosion en la línea de M.^a R.^a que se adopte. El décuple de la carga ordinaria es el que establece para los globos límites. Cuando la calidad de los terrenos sea de mayor ó menor tenacidad que la expuesta, debe formarse la proporción con la carga en libras y número de piés que arroje el cubo del radio de explosion que resulte medido en el hornillo que se haga de prueba. Belidor aprecia en el peso de una capa de arena de 6,50 metros de espesor la resistencia que ofrece la densidad de la atmósfera á la fuerza impulsiva de la pólvora para el juego de los hornillos, y á pesar de apreciar en su teoría el cono ó sólido como truncado en su cúspide, le considera perfectamente entero para los cálculos de su volúmen.

Muller modificó el paraboloides de Valliere CCD fig. 3.^a, truncándole por un plano EFG que pasa por el foco B, y que es perpendicular al eje de explosion AG, á cuya cubicacion aumentó una pequeña cantidad, estableciendo como fórmula para el volúmen del sólido $1,84 (AB)^3$ ó $1,84 H^3$.

Le Febure, en su *Ensayo sobre las minas*, fluctúa en sus opiniones entre el cono de Vauban y el paraboloides de Valliere, inclinándose como en consonancia con sus experimentos á la antigua forma del *Chaudron* dada por Belidor; pero en el cálculo de sus tablas para las cargas, aprecia el *sólido de explosion* por la fórmula del cono de Vauban aumentada en un sétimo de su valor, lo cual da para el volúmen $1,20 (AB)^3$ ó $1,20 H^3$.

Mouzé en la primera Memoria sobre las minas de su tratado de *fortificacion subterránea*, calcula las tablas para las cargas aceptando el volúmen del cono truncado de Mégrigny CEF D, fig. 2.^a; mas ocupándose despues de la teoría de los globos de Belidor y atacando como incierta la forma dada por éste al *entenoir*, modifica á su vez su primitiva opinion, no admitiendo que el radio BF sea igual á la mitad de la línea AB, y asegurando que la dimension de aquél depende de la mayor ó menor carga, densidad y tenacidad de los terrenos.

Gay de Vernon, despues de ocuparse en su tratado de fortificacion de la forma dada al sólido de

explosion por otros autores, expresa la opinion de que puede aceptarse para aquélla sin error sensible, la de un cilindro que tenga por base la del embudo ó entenoir, y por altura la mitad de la línea de mínima resistencia, admitiendo por lo tanto la semejanza de los volúmenes, para los cuales en este supuesto se tendria la fórmula $1,57 H^3$.

Gillot, en su premiada obra de fortificacion y minas ofensivas y defensivas, se ocupó extensamente de la forma del entenoir en los terrenos no compresibles ó sean las rocas. Admitiendo contra la opinion de Belidor que el globo hace su inflamacion en un solo momento, y que en éste, cuando las fuerzas impulsivas desarrolladas por los gases son mayores que las que opone la tenacidad del terreno y peso de la atmósfera, desplazan un sólido de la forma CFEGD, fig. 5.^a, cuyos arcos F y G son destacados á la salida de los gases que obran en el hemisferio inferior E, da al embudo la forma definitiva CED, apreciando con todo su volúmen como el de un cono perfecto.

Como se ve por lo expuesto, las diferentes opiniones emitidas sobre la forma del sólido de explosion justifican la version de muchos de sus autores, de hallarse aún desconocida la verdad absoluta en esta parte del problema de las minas: de aquí que los llamados *mineros modernos*, partiendo del supuesto de que los sólidos, cualquiera que sea su forma, serán semejantes y por lo tanto proporcionales á los cubos de sus líneas homólogas, hayan adoptado como fórmula de volúmen la del tronco de cono de Megrigny para los hornillos de prueba. Mas ¿cumple este procedimiento á nuestro propósito? ¿La necesidad de obtener un volúmen limitado y aproximadamente conocido para establecer *à priori* la relacion de su importe con el del gasto de pólvora y mano de obra, no obliga á partir de un dato algo seguro sobre la forma del sólido que nos resultaria en cada clase de terreno, habida cuenta de sus circunstancias, para juzgar de la conveniencia de la voladura?

Esta consideracion ha sido el móvil que nos ha guiado para extendernos algo en las exposiciones de los datos anteriores; y como la referida forma ha de ser el punto de partida y principalísimo para poder llevar á cabo nuestras modestas apreciaciones ya sentadas, trataremos de expresar en el artículo siguiente la que creemos haber obtenido de nuestros experimentos, como aplicable á cada agrupacion de terrenos de los ordinariamente

clasificados en las explanaciones de obras públicas.

M. R. MOLINA.

(Se continuará.)

LAS PLACAS DE JUNTA, SISTEMA CALLEJA.

El objeto del nuevo modelo de placa de junta, cuyos dibujos nos han sido facilitados por M. L. Cousin, profesor de la Universidad de Louvain, es evitar las entalladuras ó rebajos peligrosos que hay necesidad de hacer en los lados de la base de los carriles Vignolle cuando se quiere impedir su deslizamiento longitudinal, sujetándoles en su sitio por medio de escarpías.

Se ha reconocido, en efecto, que estos rebajos, poco perjudiciales en los carriles de hierro laminado, cuyo material presta más, son causa de rotura casi cierta, cuando se practican en los carriles de acero, y se ha probado, con experiencias directas, que dicha operacion altera el carril de acero hasta el punto de imponerle una disminucion de resistencia fuera de toda proporcion con la cantidad de metal que se le quita.

Prodúcese con ésta un efecto análogo al de las grietas de rotura causadas en las piezas de fundicion por los ángulos demasiado vivos y por las uniones demasiado rectangulares, y no suavizadas, de dos superficies.

Empleo de clavijas de tope.—Ciertas compañías, y principalmente la de Madrid á Zaragoza y Alicante, han tratado de evitar la dificultad sirviéndose de clavijas de tope, que no intervienen ya como medios de sujecion del carril sobre las traviesas ó largueros; á este efecto, las placas de junta (es decir, las que reciben los dos extremos de los carriles consecutivos) tienen practicados seis agujeros, cuatro de los cuales son para las escarpías de sujecion, que no penetran la base del carril y dos para las clavijas de tope: éstas se hallan exactamente colocadas en el plano trasversal de la junta, es decir, sobre las mismas fibras de la traviesa; pero, no teniendo ya que fijar el carril verticalmente, su longitud está reducida á 0^m,10, lo que disminuye el peligro de rajar la pieza de madera por este sitio: su objeto es tan sólo impedir el movimiento longitudinal de los carriles.

Fijacion de las bridas.—En Alemania, las uniones sujetas con bridas están al aire, y, para no hacer muescas en los carriles de acero, el tope actúa sobre las extremidades de las bridas, que son

Fig.ª 1.ª

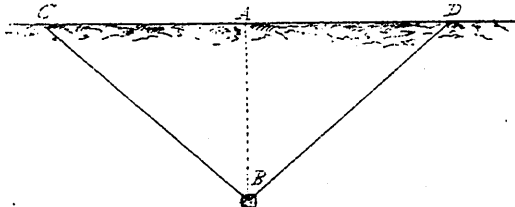


Fig.ª 2.ª

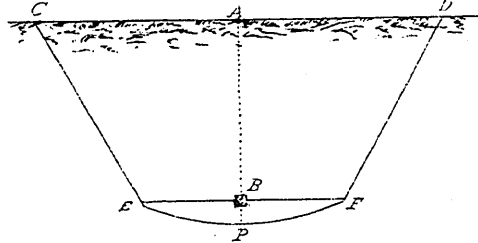


Fig.ª 3.ª

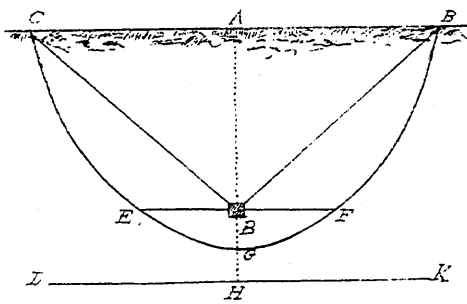
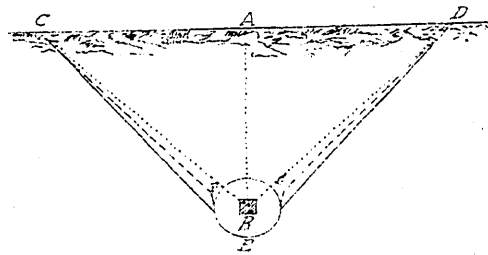


Fig.ª 5.ª



21

Fig.ª 4.ª

