

MEMORIA

SOBRE LOS MEDIOS DE EMPLEAR LA ELECTRICIDAD

EN LA INFLAMACION

DE LOS HORNILLOS DE MINA,

POR EL COMANDANTE

DON GREGORIO VERDU,

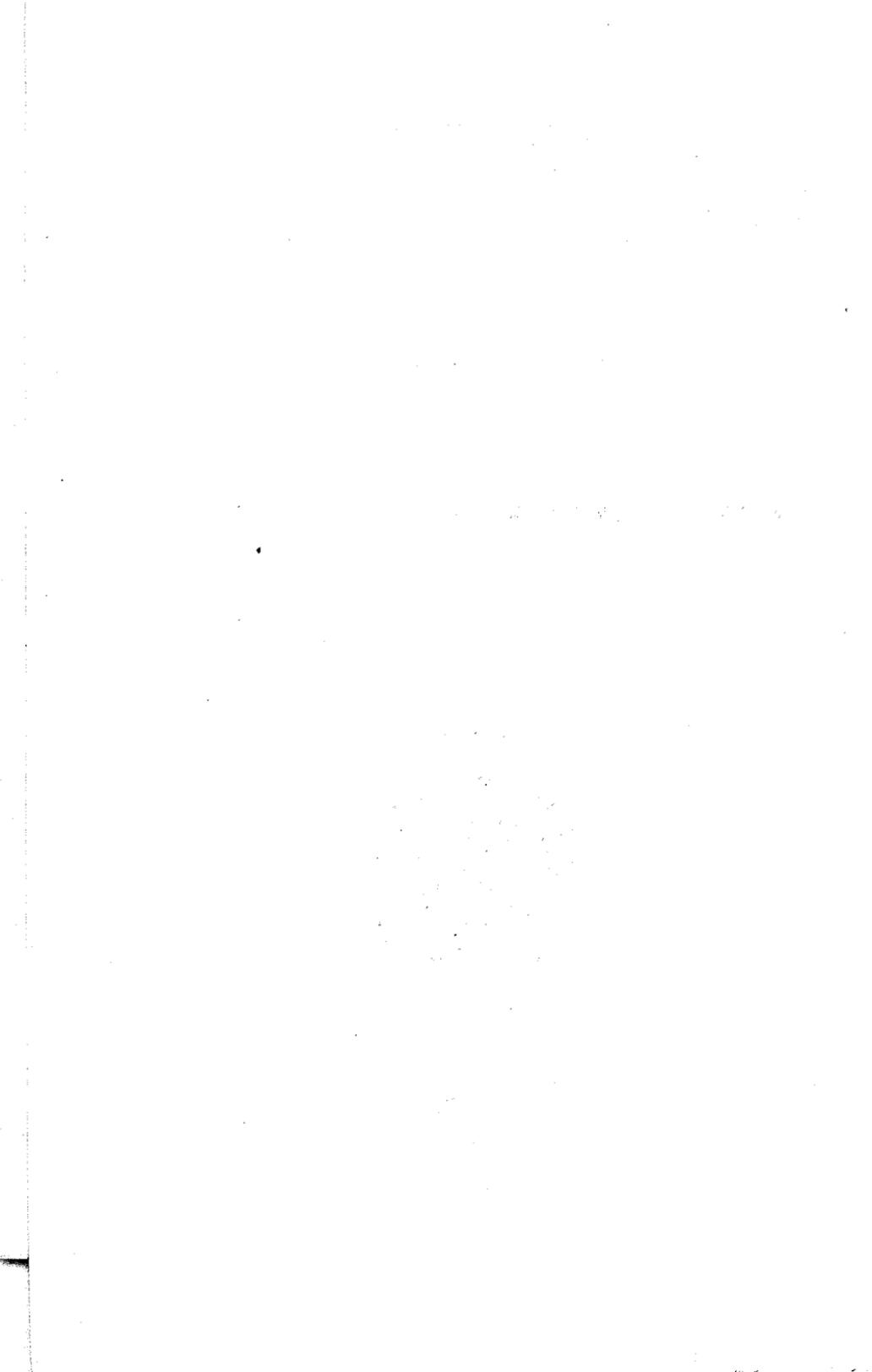
*Capitan del Cuerpo de Ingenieros, y Profesor de
su Academia.*



MADRID.

EN LA IMPRENTA NACIONAL.

1848.



UNA serie de artículos publicados en el *Espectador militar* holandés desde 1837 sobre la inflamacion de los hornillos de mina por medio de la electricidad, y las repetidas experiencias practicadas en nuestro pais y en el extranjero con el mismo objeto, me han sugerido la idea de reasumir todos los datos y noticias que puedan ser útiles á un Oficial de Ingenieros en esta aplicacion interesante.

Reunidos y publicados en francés parte de estos artículos bajo el epígrafe *Documentos relativos al empleo de la electricidad para inflamar los hornillos de mina*, he traducido algunos y de otros extractado lo mas interesante, pareciéndome oportuno precederlos de algunos preliminares sobre la historia y teoría de la pila voltaica, sacados tambien de un tratado de galvanoplástica escrito en francés por J. L....., y terminar el todo con la exposicion de los últimos resultados que publica el *Archivo militar* prusiano, y de los que tambien se han obtenido en nuestra escuela práctica.

Lejos por consiguiente de pretender dar un trabajo original, ha sido mi intento tan solo reunir esta porcion de datos que por circunstancias particulares me ha sido fácil recoger y

compilarlos de la manera que he creído mas sencilla y clara, á fin de que los Oficiales del Cuerpo que en el servicio de las minas se hallen en el caso de emplear dicho procedimiento tengan este punto de partida para apreciar en cierto modo la influencia de los accidentes que en la aplicacion práctica puedan ocurrir.

PRELIMINARES.

I.

De la pila, su teoría y efectos.

A Galvani, profesor de anatomía en Bolonia, se deben los primeros hechos que han conducido al descubrimiento de la pila. Este anatomista observó que una rana recientemente desollada experimentaba violentas contracciones musculares cuando se ponía en comunicación por medio de un arco compuesto de dos metales los músculos crurales y los nervios lumbales del animal.

Estos hechos curiosos excitaron vivamente la atención de los sabios, y sus opiniones se dividieron relativamente á la causa de este fenómeno: los unos lo atribuían á una irritación ocasionada por el contacto del metal y de los músculos, los otros á una acción química sobre estos del mismo metal, y otros en fin á un desarrollo de electricidad. Estos últimos se dividieron aun en dos partidos distintos: el uno siguiendo á Galvani colocaba la fuente de la electricidad producida en el seno mismo del animal, en el punto de contacto de los músculos y de los nervios; y el otro con Volta, profesor de física en Pavia, atribuía el desarrollo de electricidad al solo contacto de los metales.

El Instituto nacional de Francia tomó parte en esta discusión, y se decidió por Galvani. Volta sin embargo no se tuvo por vencido: había anunciado que el solo contacto de dos metales diferentes desarrollaba electricidad, y emprendió establecer este hecho por pruebas cada vez mas convincentes. Un solo par de metales desarrollaba una cantidad de fluido perceptible apenas con los electróscopos mas sensibles: reunió muchos, y llegó por este medio á descubrir el ins-

trumento precioso que ha conservado el nombre de *Pila de Volta*. Este aparato se componia originariamente de una serie de pares, compuestos cada uno de un disco de zinc y de otro de cobre, colocados uno encima del otro ó soldados juntos: se sobreponian un cierto número de estos pares de manera que se correspondiesen de frente las caras distintas, teniendo cuidado de separarlas por medio de rodajas de paño ó carton empapadas de agua salada. Volta producía con su pila todos los efectos que se debian esperar de una fuente de electricidad intensa y continua: tocando las dos extremidades con las manos húmedas se experimentaban conmociones análogas á las de la botella de Leyden, con la sola diferencia que en lugar de ser instantáneas se sucedian sin interrupcion mientras durase el contacto: sometiendo al experimento diferentes electróscopos, la pila manifestó un desprendimiento continuo de electricidad positiva en su extremidad zinc, y negativa en su extremidad cobre. De aquí los nombres de polo positivo dado á la extremidad zinc de la pila, y de polo negativo á la extremidad cobre.

Lo que caracterizaba principalmente la pila era el desarrollo continuo de flúido eléctrico: esta corriente no interrumpida de electricidad que se trasmite de un polo al otro. Gracias á este hecho cuya importancia se ha tardado poco en reconocer, la pila ha llegado á ser en el dia un instrumento tan fecundo y variado en sus aplicaciones.

El descubrimiento de Volta excitó en el mundo sabio un entusiasmo análogo al que habia producido la botella de Leyden cuando Mussembroeck y Cuneus anunciaron sus efectos. Esta admiracion unánime, fundada en el conocimiento de las propiedades fisiológicas del aparato, creció aun mas euando principiaron á revelarse sus propiedades químicas.

Cruiskhanks por una parte, Carlisle y Nicholson por otra, reconocieron que si se soldaba un hilo metálico á cada uno de los polos de la pila, y se sumergian estos hilos en el agua, el hilo positivo se oxidaba visiblemente, mientras que del otro se desprendian abundantes y pequeñas burbujas de un gas que se reconoció inmediatamente ser el hidrógeno: la pila

tenia, pues, la facultad de separar los elementos del agua, arrastrar el oxígeno á su polo positivo y el hidrógeno al negativo; y tomando los hilos de platino é introduciendo sus extremidades en pequeños tubos llenos de agua, se podian recoger estos dos gases y hacer ver su naturaleza.

A este primer hecho de descomposicion se unieron bien pronto nuevos resultados obtenidos por Cruiskhanks, Ritter y William-Henri, que verificaron la descomposicion de algunas sales metálicas y el trasporte de los ácidos al polo positivo y de las bases al negativo.

En Junio de 1801 Thenard y Hachette inflamaron pequeños hilos metálicos colocándolos entre los alambres de los polos de una pila.

En fin, Davy contribuyó tambien á enriquecer este ramo de la física con una serie de descubrimientos que hicieron variar el aspecto de la química. La fuerza descomponente de la pila habia permitido referir á sus elementos simples los cuerpos que la química tenia por compuestos, y en los cuales habia separado ya sus principios constituyentes. Estimulado por el primer éxito, Davy imaginó someter al nuevo medio de descomposicion muchos cuerpos en los cuales los métodos químicos no habian podido hacer descubrir mas que una sola especie de materia. La potasa, la sosa, la barita y un gran número de otras sustancias análogas constituian en aquella época un grupo de cuerpos indescomponibles y considerados como simples que se comprendian bajo el nombre genérico de tierras. Davy sometió desde luego la potasa á la accion de una pila enérgica: un fragmento de esta sustancia colocado entre los polos se deshizo y aparecieron glóbulos metálicos en el polo negativo; pero esta aparicion duró muy poco, porque estos glóbulos inmediatamente despues de su formacion se inflamaban al contacto del aire. Todas las otras tierras sometidas á la accion de la pila manifestaron fenómenos análogos, y Davy pudo afirmar que todos estos cuerpos que se habian tenido como simples eran verdaderos óxidos metálicos. Un artificio particular le permitió aislar estos diversos metales, combinándolos con el mercurio en el momento de su formacion, y pró-

duciendo una amalgama que podía en seguida descomponer fácilmente.

Pasamos en silencio un gran número de otros trabajos, que todos confirman los principios siguientes, relativos á las descomposiciones producidas por la pila.

Todos los compuestos binarios sometidos á su acción se descomponen: uno de sus elementos se trasporta al polo positivo y el otro al negativo.

Cuando el compuesto binario contenga un metal, el metal se trasporta siempre al polo negativo.

Cuando una sal se somete á la acción de la pila, el ácido va á parar al polo positivo, el óxido al polo negativo: algunas veces el óxido mismo se descompone, y entonces el metal solo se trasporta al polo negativo, el ácido y el oxígeno al polo positivo.

Durante el curso de todas estas investigaciones la pila no habia conservado ni su forma ni sus dimensiones primitivas. Volta el primero reconoció los inconvenientes de la disposición original de su aparato. Una serie de pequeños vasos de vidrio, dispuestos ya en círculo ya en línea recta, uno al lado de otro y llenos de agua salada, reemplazaban las rodajas húmedas de la antigua pila y recibían las extremidades de diferentes pares (á quienes se les dió tambien su forma adecuada), colocados de manera que cada uno de ellos estableciese la comunicación entre dos vasos consecutivos, y que las extremidades opuestas de dos pares tambien consecutivos se sumergiesen en el mismo vaso. Estas pilas recibieron el nombre de *pilas en corona*.

Mas tarde Wollaston imaginó hacer mas expedita la manobra del aparato, uniendo todos los pares á una pieza de madera que podía ser sostenida por medio de montantes encima de la línea de los vasos, y bajar en el momento de la experiencia, de manera que quedaran sumergidos todos los elementos á la vez.

La gran pila dada por Napoleon á la escuela Politécnica y construida por Gay-Lussac y Thenard estaba formada de placas cuadradas de zinc y de cobre soldadas por sus caras y co-

locadas verticalmente en las divisiones cuadrangulares de una caja de madera rectangular, llenas de agua acidulada y cubiertas interiormente de un baño aislante. Esta disposicion no era mas que la pila en columna de Volta, colocada horizontalmente.

El año 1819 fue señalado por un descubrimiento importante que aseguró á los sabios los medios de medir con precision los efectos de la electricidad voltáica.

Se sabe que una aguja imantada libre de moverse horizontalmente en todos sentidos, toma una direccion invariable y determinada próximamente de Norte á Sur.

OErstedt, profesor de Copenhague, observó que la aguja se desviaba de esta posicion de equilibrio cuando se colocaba encima de ella un hilo metálico que reuniese los dos polos de una pila. Esta aguja abandonaba su direccion primitiva, y se detenía despues de algunas oscilaciones en otra direccion que formaba con la primera un ángulo tanto mayor quanto mas próximo se hallaba el hilo, ó la pila funcionaba con mas energía. El efecto producido variaba con la posicion de aquel; pero en todos los casos los polos del iman tendian siempre á alejarse del hilo.

No entraremos en los detalles de las diversas circunstancias que puede presentar este fenómeno segun la posicion que se dé al hilo interpolar, pudiendo recurrir á los tratados de física aquellos lectores que deseen profundizar esta cuestion, como las demas que de ella se derivan.

Diremos solamente que una brújula fijada sobre una cinta metálica constituye un aparato propio para dar una idea precisa de la energía mas ó menos grande con la cual obra una pila en un instante dado. En efecto, si se ha procurado de antemano colocar la cinta de manera que su eje coincida con el de la aguja imantada, cuando esta se halle al abrigo de toda influencia extraña, y se unen á las extremidades de la cinta los hilos que comunican con los polos de la pila, se ve á la aguja abandonar inmediatamente la posicion de equilibrio y manifestar por su desviacion mas ó menos grande la energía mas ó menos fuerte de la corriente.

Este aparato, así como todos los otros análogos que sirven para medir la intensidad de una corriente, toma el nombre de galvanómetro.

Tienen formas diferentes según las experiencias de física que sea menester emplear. La más simple de todas, y que por consecuencia sirve exclusivamente en las aplicaciones industriales de la electricidad y en la que forma nuestro objeto, es la que acabamos de describir y puede verse en la figura 1^a.

II.

Teoría electro-química.

La teoría dada por Volta para explicar los efectos de la pila atribuía toda la electricidad producida al solo contacto de las piezas de zinc y de cobre que componen los pares. Sin embargo, la alteración visible de las placas de zinc ponía fuera de duda la acción química del agua acidulada sobre estas placas; y además se había observado que la energía de la pila era tanto más poderosa cuanto más fuerte la acción del líquido; experiencias repetidas de Mr. Becquerel y de Mr. Pouillet han probado también de una manera incontestable el desarrollo de una gran cantidad de fluido eléctrico en las acciones químicas; se hizo ver además que colocando la pila en circunstancias tales que la acción química fuera completamente nula, apenas daba señales apreciables de electricidad; fue necesario, pues, admitir que la acción química era, si no la causa única, al menos la principal de la producción de electricidad en la pila.

Expondremos, pues, brevemente la teoría electro-química de la pila, debida á Mr. Delarive, que se funda en el siguiente principio: siempre que un metal se disuelve en un ácido ó en otro cualquier líquido que ejerza sobre él una acción química, hay producción de electricidad; el metal toma la electricidad negativa, el disolvente la positiva. Este hecho fundamental está comprobado por una larga serie de experiencias (1).

(1) Este principio se modifica, sin embargo, siempre que el metal está unido á otro que tenga menos afinidad con el oxígeno. El zinc, por ejemplo, respecto al cobre.

Establecido esto, veamos lo que pasa en una pila cualquiera, en la pila en corona ó á la Wollaston por ejemplo: cada uno de los vasos en donde se sumergen los diferentes elementos recibe la extremidad zinc de uno de los pares, la extremidad cobre del par siguiente. El zinc se disuelve y toma electricidad positiva y la comunica al cobre; y como cada par se compone de una lámina de zinc que se carga de electricidad negativa en uno de los vasos y de una lámina de cobre que recibe la positiva del par siguiente; hay en cada par neutralizacion de electricidad. Pero si paramos la atencion en los dos vasos extremos, observaremos que la última lámina en el uno es una lámina de zinc, y en el otro una de cobre. Estas dos láminas recibirán, la primera electricidad negativa disolviéndose, y la segunda electricidad positiva del ácido con quien está en contacto; y si los dos hilos que terminan estas láminas no estuviesen en comunicacion directa ó indirectamente, continuarian cargándose de electricidad. A primera vista aparece que esta deberia acumularse indefinidamente; pero no se verifica así porque los dos flúidos de especie contraria que se desarrollan en los dos polos de la pila pueden recomponerse por el intermedio de los diferentes pares, pasando de vaso en vaso: sin embargo, los varios cambios de conductor que dichos flúidos tienen que atravesar en este circuito heterogéneo son un obstáculo á su recomposicion, y un obstáculo tanto mas poderoso quanto los cambios de conductor sean en mayor número, es decir, quanto mayor sea tambien el número de pares que presente la pila. En consecuencia la electricidad no podrá vencer estos obstáculos sino cuando haya adquirido en las extremidades de la pila una tension bastante fuerte para franquearlos todos.

Ahora bien, si se reunen dichas extremidades interponiendo entre los hilos conductores sea un hilo metálico de pequeño diámetro, sea un líquido ó en general una sustancia cualquiera que presente un obstáculo al paso de la electricidad, los flúidos podrán recomponerse por dos caminos distintos, y elegirán aquel que les ofrezca menor resistencia: segun esto, si la pila de que hacemos uso no presenta un número bastante

grande de elementos con relacion á la resistencia que se ofrece por el intermedio de los hilos conductores, la recomposicion de los flúidos se hará por la pila y nada pasará por los cuerpos interpuestos entre los hilos. Pero aumentando el número de pares aumentaremos tambien la resistencia de aquella, mientras que la de la sustancia interpuesta quedará constante: por otra parte, la pila continuará cargándose de electricidad en sus dos polos, la tension aumentará en estos puntos, y llegará á ser bien pronto bastante fuerte para que la electricidad atravesase las sustancias interpuestas: los fenómenos que tienen lugar en semejante caso principiaron á producirse: si es agua pura la que interrumpe el circuito, será descompuesta; si es un fragmento de potasa, será reducido y descompuesto á su vez; si es un delgado alambre metálico, será enrojecido y fundido.

Observemos cómo funciona la pila cuando está en actividad, y para mejor fijar las ideas supongámosla compuesta de doscientos elementos que funcionan á la vez, es decir, de doscientas láminas de zinc que se disuelven simultáneamente. Entre todas estas láminas dos solamente, las que se sumergen en los vasos extremos, producen el efecto útil, es decir, la electricidad libre: en todos los pares intermedios los flúidos eléctricos se recomponen despues de su formacion; pero los ciento noventa y ocho pares intermedios, si no contribuyen al efecto útil, sirven para contrarestar la resistencia que presenta la sustancia interpolar, de manera que toda la electricidad producida por las láminas extremas se trasmite por los hilos conductores. Vencida, pues, esta resistencia, sería ya inútil aumentar el número de elementos, porque los nuevos pares no harian sino disolverse en pura pérdida sin aumentar el efecto útil. Pero si quisiéramos producir mas efecto en un tiempo dado, si quisiéramos, por ejemplo, descomponer mas agua, fundir mas metal &c., sería menester entonces aumentar la cantidad de electricidad emitida en un tiempo dado por los polos de la pila, y por consiguiente la cantidad de zinc disuelto en los dos polos, lo cual se conseguiria aumentando la superficie de los dos zincs extremos. Pero este aumento solo de superficie en los dos elementos extremos.

no tendrá toda su eficacia sino con el de la superficie de los intermedios, de manera que todos ellos vengan á tener dimensiones enteramente iguales. Así, pues, cualquiera que sea la cantidad de producto que queramos descomponer, de alambre que queramos fundir ó enrojecer, podremos conseguirlo por medio de una cantidad dada de zinc correspondiente al efecto ó resultado que queramos producir, y otra no eficaz para este resultado, pero necesaria para vencer la resistencia que opone la sustancia interpolar al paso de la electricidad.

Cuando se opera con una pila de las que hemos hecho referencia hasta ahora, se observa bien pronto que los efectos de este instrumento disminuyen rápidamente de intensidad. Este hecho puede atribuirse á muchas causas distintas.

Desde luego la energía del líquido acidulado, en el cual se sumergen los pares, disminuye gradualmente á consecuencia de la disolución de zinc. Esta disminucion es tanto mas rápida cuanto el agua se halla mas fuertemente acidulada, porque el zinc se disuelve mas pronto segun que el agua contenga mas cantidad de ácido.

En segundo lugar cada parte de la disolución, en la cual se sumergen los pares, se halla sometida á la acción descomponente de la corriente que la atraviesa: los elementos ácidos que hay en esta disolución se trasportan sobre el polo positivo, es decir, sobre la lámina de zinc; los elementos básicos ó los óxidos se trasportan sobre la lámina de cobre que hace el papel de polo negativo. De aquí resulta la descomposición del sulfato de zinc formado: el transporte del óxido de zinc sobre la lámina de cobre y del ácido sulfúrico sobre la lámina de zinc: por otra parte, el agua se descompone á su vez, el oxígeno se fija sobre el zinc, á quien oxida, y el hidrógeno sobre el cobre; pero la presencia simultánea del hidrógeno naciente y del óxido de zinc sobre la lámina de cobre determina la reducción del óxido, combinándose aquel con el oxígeno de este para formar agua, y precipitándose el zinc en el estado metálico sobre la superficie de cobre. Como por otra parte el agua y el sulfato de zinc no se encuentran en cantidades iguales en la disolución, sino que aquella predomina necesariamente, la

cantidad que se descompone excede en mucho á la del sulfato reducido, y por consecuencia queda sobre la lámina de cobre un exceso de hidrógeno que forma en poco tiempo una especie de capa gaseosa adherente á la placa: esta capa, aun con ser muy delgada, tiene una gran influencia sobre el paso de la electricidad á causa de su falta de conductibilidad eléctrica.

En cuanto al zinc, cuando se ha precipitado una cierta cantidad sobre el cobre, principia á disolverse por un lado, mientras se está precipitando por otro: esto produce una nueva corriente en sentido contrario de la primera, de manera que el efecto total se encuentra disminuido.

La primera perfeccion introducida en la construccion de las pilas con objeto de regularizar el efecto es debida á Mr. Kemp d'Edimbourg; consiste en la sustitucion de láminas de zinc amalgamado á las láminas de zinc ordinario empleadas en este aparato: esta sustitucion presenta grandes ventajas, porque el zinc amalgamado goza de la propiedad notable de no ser atacado por el agua acidulada, sino cuando hace parte de un circuito voltáico cerrado de manera que si introducimos en un vaso conteniendo agua acidulada dos láminas, la una de zinc amalgamado y la otra de cobre ó de platina, el zinc amalgamado no experimenta ninguna accion; mientras que las láminas no se hallen en contacto; pero desde que este se establece, comienza el zinc á disolverse en el ácido y el hidrógeno se trasporta en pequeñas burbujas sobre la lámina de cobre.

El zinc ordinario está muy lejos de presentar las mismas propiedades; desde que se sumerge en el agua acidulada es atacado, y continúa disolviéndose mientras permanece en contacto del líquido. Mr. Aug. Delarive hizo ver primeramente que este hecho debia atribuirse á la impureza del zinc que se encuentra en el comercio. Ha observado que en efecto el zinc puro, el zinc destilado, es apenas atacado en frio por el ácido sulfúrico diluido; pero que sí lo es desde el momento que forma parte de un circuito voltáico cerrado.

El zinc amalgamado se conduce en un todo como el zinc puro, sea que la amalgamacion dé á su superficie una uniformidad comparable á la que presenta un metal químicamente

puro ó homogéneo, segun la opinion de Mr. Faraday, sea que deba ser atribuido este hecho, con Mr. Smee, á la adherencia del mercurio con el hidrógeno, en virtud de la cual desde que la capa de agua en contacto con el metal se descompone, este se halla preservado de toda accion ulterior por una capa de hidrógeno adherente, hasta el momento en que hallándose cerrado el circuito, el hidrógeno se desprenda bajo la influencia de la corriente para trasladarse sobre el cobre.

El zinc amalgamado se encuentra, pues, en el dia generalmente adoptado, ya por la regularidad con que se disuelve, como tambien por la inalterabilidad que él presenta cuando los polos de la pila no estan en comunicacion. Por esta preciosa ventaja no hay zinc disuelto sino en el momento en que la pila funciona.

III.

Pilas varias.

Llegar á construir una pila susceptible de conservar durante largo tiempo una intensidad constante, ha sido un problema importante y difícil de resolver. En la época en que los físicos se lo propusieron, no se le consideró sino como de una utilidad relativa y circunscrita al interés mismo de la ciencia: no se sospechó entonces la importancia práctica que adquiriria la solucion de este problema que hacia aplicable el empleo de la electricidad como medio industrial.

Mr. Becquerel llegó el primero al objeto, aunque por un camino indirecto: se fundó para ello en consideraciones en un todo diferentes de las que habian guiado hasta entonces en la construccion de la pila. Habia observado que siempre que un ácido se combina con álcali hay produccion de electricidad: el álcali toma la negativa, y el ácido la positiva: concibió la posibilidad de obtener una corriente eléctrica haciendo obrar una disolucion ácida sobre una disolucion alcalina, y una corriente constante si lograba disponer su aparato de manera que la accion fuese lenta y uniforme. Para conseguir este doble objeto tomó dos vasos, conteniendo el uno áci-

do nítrico y el otro potasa: un tubo encorvado lleno de arcilla humedecida con una disolución salina establecía la comunicación entre los dos vasos, y hacía que la mezcla de las dos disoluciones se verificase gradualmente y de una manera uniforme. Una lámina de platina terminada por un hilo y sumergida en cada vaso completaba la pila.

Con este aparato la corriente quedaba constante casi durante un día: el problema, pues, se hallaba resuelto. Sin embargo, el aparato no obtuvo todo el éxito que era de esperar: solamente su autor lo aplicó un poco en grande. Sus inconvenientes eran el precio subido de los reactivos empleados, y la necesidad de renovar la arcilla cada vez que se hacía uso de la pila á causa de la cristalización del nitrato de potasa, que tenía lugar al cabo de cierto tiempo dentro de la misma arcilla.

Mr. Daniel ha inventado mas tarde una pila de corriente constante y enérgica, cuyo manejo es mucho mas cómodo que la de Mr. Becquerel, y que está fundado en principios nuevos y distintos de lo que hemos expuesto.

Este aparato se compone de un vaso de cobre *ABCD* (figura 2^a) agujereado en su parte inferior: se cierra la abertura *E* por medio de un tapon que lleva un tubo encorvado *EST*: este tapon sirve para fijar en el fondo del aparato un tubo membranoso ó un cilindro de tela: la otra extremidad de este tubo se asegura en la parte superior por medio de un segundo tapon *II*; y esta parte superior forma una capacidad movable compuesta de dos cilindros concéntricos de cobre reunidos por un fondo *FF* lleno de agujeros. Este vaso movable puede colocarse como una especie de cobertera en la parte superior del aparato, á la cual está sujeta por un pequeño reborde.

Para poner la pila en actividad se echa en la caja exterior una disolución saturada de sulfato de cobre; pero como esta disolución se descompone durante la acción de la pila, se colocan cristales de sulfato en el vaso superior *F*, que disolviéndose gradualmente sirven para mantener la disolución en un estado constante de saturación. En la parte interior se echa

agua acidulada, en la cual se sumerge una lámina de zinc amalgamado sostenida por una pequeña travesa de madera. Un vaso colocado en la parte superior del aparato deja caer gota á gota en la caja interior agua acidulada que reemplaza el sulfato de zinc, que á causa de su pesantez específica cae en el fondo y se escapa por el tubo encorvado *EST.*

Veamos cómo funciona el aparato según Mr. Daniel. Desde que se establece la comunicación entre los hilos, el zinc descompone el agua, se une al oxígeno para formar óxido de zinc que se disuelve en el ácido pasando al estado de sulfato, y el hidrógeno libre es trasportado por la corriente sobre el polo negativo, es decir, sobre la lámina de cobre. Pero al mismo tiempo la acción de la corriente descompone el sulfato de cobre, lleva al óxido sobre el vaso de cobre en donde es á su vez descompuesto por el hidrógeno naciente y precipitado en el estado metálico, y el ácido sulfúrico es trasportado por la misma corriente á la caja del zinc, en donde contribuye á mantener la disolución en el mismo estado de saturación.

Si el diafragma ha de llenar convenientemente su objeto, debe impedir la mezcla de las dos disoluciones; pero en cambio debe permitir el transporte del ácido sulfúrico puesto en libertad, transporte que se efectúa por la acción misma de la corriente producida. La regularidad de la disolución de zinc, debida á que la superficie de este metal se halla constantemente en el mismo estado; y la uniformidad de las dos disoluciones, en cuanto á su estado de saturación en todos los instantes de la experiencia, aseguran á esta pila una energía constante que puede mantenerse durante muchos días: no hay que temer en este aparato ni la reducción del zinc sobre el cobre, ni la formación de aquella capa de hidrógeno tan perjudicial en las pilas ordinarias. Mientras que el diafragma se halle convenientemente elegido, la pila funciona con una regularidad perfecta; y este instrumento, actualmente adoptado en todas las experiencias que exijan una pila á la vez regular y energética, es una de las adquisiciones más preciosas con que se ha enriquecido la ciencia después de muchos años.

La forma de esta pila ha sido modificada por M. Daniel y

por otros físicos (fig. 3^a). Se ha reconocido que el sulfato de zinc que se deposita en el interior del tubo membranoso no tiene influencia sensible cuando solo se quiere hacer funcionar la pila por espacio de diez ó doce horas. Se suprime, pues, el tubo ó sifon de salida, y se reemplaza el tubo membranoso por un pequeño vaso cilíndrico de una tierra porosa. El resto de la disposicion no varía.

Se puede llenar el interior del vaso poroso sea con agua acidulada conteniendo una octava parte de su volúmen de ácido sulfúrico, sea con agua saturada de sal marina.

No hablaremos ya mas de algunas otras disposiciones que se han dado á este aparato sin modificar en manera alguna su principio: todos estos instrumentos se componen en último resultado de dos capacidades separadas por un diafragma, y conteniendo la una sulfato de cobre en contacto con el cobre, y la otra agua acidulada ó agua salada en contacto con el zinc; y cualquiera que sean por otra parte la forma y dimensiones, un ligero exámen podrá hacer reconocer las diferentes partes de la pila que acabamos de describir.

La dificultad de encontrar diafragmas á propósito, y el deseo de evitar el empleo bastante costoso del sulfato de cobre, han dado lugar á la invencion de muchas pilas, cuyo uso es mas fácil y menos dispendioso que las de Daniel, y que llenan próximamente el mismo objeto.

Pocas palabras bastarán para hacer comprender el uso y composicion de las diversas pilas que han usado algunos físicos en sus diferentes investigaciones. Mrs. Leuz y Jacobi han empleado una pila en que la lámina de cobre y la de zinc se sumergen en dos compartimientos separados por una capacidad cuadrangular; la placa de zinc es móvil y puede aproximarse mas ó menos de la placa de cobre por medio de un tornillo micrométrico que regula su distancia.

Ahora bien, sabemos que los líquidos ofrecen al paso de las corrientes eléctricas una resistencia tanto mas grande cuanto están atravesados en un mayor espesor. Se puede, pues, variando la distancia de las placas hacer variar la intensidad de la corriente producida, y por consiguiente mantenerla cons-

tante si esta varía mientras dura la experiencia. Este aparato debe hallarse dotado de un galvanómetro.

Todavía Mr. Sorel ha dado á conocer otra pila mucho mas sencilla que ha empleado tambien para las mismas investigaciones.

Un cilindro ancho de cobre, cerrado en su parte inferior, en medio del cual se coloca sobre un pié aislante de vidrio ó de madera un cilindro de zinc amalgamado, compone todo el aparato: se llena el vaso de cobre de agua acidulada á tres ó cuatro grados del areómetro, y se obtiene de este modo un elemento de una construccion sencilla, de un entretenimiento poco costoso y de una energía constante. Es necesario atribuir esta última circunstancia á que la amalgama, desprendiéndose á medida que el zinc se disuelve, este viene á ser mas atacable á proporcion que la agua acidulada se hace mas débil, estableciéndose una compensacion que regulariza el efecto producido.

Hemos visto anteriormente cuál podria ser la influencia de la capa de hidrógeno, depositada sobre el cobre en las pilas ordinarias, influencia que hemos colocado en el número de las causas mas eficaces del decremento de intensidad en la pila.

Mr. Smee ha pensado que si se podia impedir completamente el depósito del hidrógeno sobre el polo negativo, se tendria una pila de corriente constante. Mr. Smee ha basado esta opinion sobre experiencias hechas por sí mismo, y que le han demostrado era tan considerable que podia hacer flotar sobre el agua delgadas hojas de platina á pesar de su pesantez específica. El pulimento de la superficie sobre la cual se efectúa el depósito tiene una gran influencia sobre la cantidad de gas así retenida: es muy grande esta cantidad en las superficies pulimentadas, y nula ó casi nula en las superficies ásperas ó deslustradas.

Mr. Smee ha pensado en consecuencia de estos hechos que se deberian deslustrar las planchas que forman el polo negativo, sea con papel de esmeril, sea con un ácido. Para aumentar el efecto del deslustramiento y al mismo tiempo prevenir la alteracion del polo negativo, ha imaginado recubrir esta su-

perficie con una capa delgada y bien adherente de platina dividida. Para conseguir esto se platea desde luego por los procedimientos galvánicos la lámina de cobre que debe servir de polo negativo, despues se pone esta lámina de cobre en comunicacion con otra lámina de zinc colocada en un vaso poroso que contenga agua acidulada. Se pone el todo en una disolucion extendida de cloruro de platino, y se tiene así una verdadera pila de Daniel, en la que el cloruro de platino reemplaza el sulfato de cobre, de manera que en vez de este metal se deposita el platino sobre el polo negativo (fig. 4^a).

Cuando se ha obtenido una lámina de cobre platinada se la coloca entre dos láminas de zinc *AA* reunidas entre sí por un arco *E*. Una travesa de madera *T* sirve para mantener estas tres láminas en sus posiciones relativas invariables. Las varillas *G* y *F* sirven para fijar los hilos conductores. El elemento así preparado se sumerge en una disolucion formada de siete partes de agua y una de ácido sulfúrico. Este instrumento da una gran cantidad de electricidad, y su intensidad es muy constante. El ruido ó efervescencia producidos por el desprendimiento del hidrógeno indica por su intensidad y por su naturaleza si el instrumento funciona convenientemente.

IV.

Pilas de Grove y Bunsen.

Para completar lo que nos resta que decir sobre pilas hablaremos de un instrumento dotado de efectos muy enérgicos cuya primera idea es debida á Mr. Grove, y que modificada felizmente por Mr. Bunsen promete bajo su nueva forma los mayores servicios á la ciencia y á la industria.

La pila de Grove se componia primitivamente de un vaso de vidrio, dentro del cual se colocaba otro pequeño vaso poroso; en este vaso se echaba agua acidulada con ácido sulfúrico, y en el exterior ácido nítrico: en el agua acidulada se metia una pequeña lámina de zinc, y en el ácido nítrico una lámina de platina. Se tenia así un verdadero elemento de la

pila. Reuniendo cincuenta ó sesenta de estos elementos se producian efectos muy enérgicos. El solo inconveniente que se podía achacar á este instrumento era el precio subido del platino.

Mr. Bunsen, profesor de Marbourg, imaginó sustituir al platino el carbon calcinado, que era bajo todos aspectos la sustancia mas propia para reemplazar este metal, ya á causa de su conductibilidad perfecta como por la poca alteracion que experimenta en contacto del ácido nítrico (1). La sola dificultad consistia en dar al carbon una consistencia tal que pudiese ser manejado y tallado sin accidente ninguno: Mr. Bunsen ha llegado dichosamente á este resultado, y sin embargo esta pila, cuyos efectos son lo menos tan poderosos como la de Grove, ha quedado ignorada en Francia casi cerca de un año.

En el mes de octubre de 1842 Mr. Reiset, en un viaje que hizo á Alemania, supo por el mismo Bunsen todos los detalles relativos á esta nueva pila, digna de la mayor publicidad.

De regreso en Francia confió la construccion del nuevo instrumento á Mr. Lerebours, que despues de muchos ensayos largos y repetidos llegó á vencer las dificultades que presentaba esta nueva fabricacion.

Haremos en pocas palabras la descripcion de esta pila, que no es otra cosa que la pila de Grove, en la cual la platina ha sido reemplazada por carbon convenientemente preparado.

Todo el aparato está contenido en un vaso de vidrio *BF* (fig. 5^a), en el cual se sumerge un cilindro de carbon *C* sostenido sobre el borde del vaso con la ayuda de un saliente anular practicado en el carbon. Este cilindro está guarnecido en la parte superior de un brazaete de cobre que se termina por una patilla de comunicacion *H*: en *R* hay un vaso de porcelana colocado en el interior del cilindro de carbon, y en el cual se sumerge un cilindro de zinc *A* terminado por otra patilla *P*.

(1) En esta pila y en la de Grove el ácido nítrico es descompuesto por el hidrógeno al trasportarse al cobre: hay formacion de agua y desprendimiento de deutóxido de azoe, que en presencia del aire atmosférico se convierte en vapores nitrosos. El hidrógeno no se fija, pues, en el cobre, ni forma la capa adherente poco conductora y perjudicial al resultado.

Para establecer la comunicacion entre las piezas *P* y *H*, que son los polos de la pila con los hilos ó cintas conductores de que se haya de hacer uso, se pueden emplear los tornillos representados en la figura 5^a, compuestos de una doble escuadra *ABC*, de laton ó mejor de cobre, y de un tornillo de presion *V*: se tiene cuidado de limar ó limpiar solo con papel de esmeril las extremidades de los trozos de conductor que se ponen en comunicacion. Este aparato constituye un solo elemento de la pila. Cuando se reunen varios, lo que se consigue comunicando por medio de tornillos de presion la patilla de zinc del uno con la de cobre del siguiente, se forma una batería poderosa, como veremos mas adelante. Para cargar la pila se coloca en la capacidad exterior ácido nítrico extendido en un volúmen igual de agua, y en el vaso de porcelana se pone agua acidulada con $\frac{1}{80}$ de ácido sulfúrico. Estas proporciones son suficientes para algunas experiencias industriales, por ejemplo, las galvanoplásticas; pero para la aplicacion á las minas el ácido nítrico se usa sin diluir como se obtiene del comercio, y el agua acidulada con $\frac{1}{12}$ de ácido sulfúrico.

Cuando se han llenado todas las condiciones de la fabricacion, esta pila funciona con regularidad y energía. Un elemento cargado con $\frac{1}{80}$ da 50° de desviacion al galvanómetro de Mr. Lerebours. Resulta mucha ventaja en servirse de esta nueva pila, que es á la vez constante y enérgica y poco costosa en su entretenimiento. El carbon se altera muy poco; el ácido nítrico puede servir para muchas experiencias; el agua acidulada debe renovarse todos los dias que se ponga en accion. Un cilindro de zinc puede durar quince dias de experiencia.

INFLAMACION DE LOS HORNILLOS DE MINA

POR MEDIO DE LA ELECTRICIDAD.

(Extracto del *Espectador militar* holandés, números de Setiembre y Noviembre de 1837, Junio de 1858, y Enero de 1859.)

I.

Sumario y consideraciones generales.

Hace algunos años que ha sido objeto de varias experiencias en Rusia, la aplicacion de la fuerza electro-motriz descubierta por Galvani y Volta, á la inflamacion de la pólvora en los hornillos de mina (1). Pero aun cuando fuese ya general-

(1) El *Espectador militar* holandés del mes de Noviembre de 1837 contiene un extenso artículo del Capitan de Ingenieros Mr. Merks, Ayudante de Campo de S. A. R. el Feld-Mariscal Principe de Orange, relativo á los diferentes medios empleados y propuestos hasta aquella fecha para dar fuego á las minas. Copiamos solo el extracto de este artículo en la parte relativa al empleo de la chispa eléctrica. En esta seccion del texto abunda el autor en observaciones interesantes, mostrándose desde entonces dispuesto á emprender las experiencias que ha realizado despues; experiencias cuya exposicion y resultados forman el asunto principal de estos escritos. El extracto citado es como sigue:

“El Capitan de Ingenieros Gillot en su Tratado de fortificacion subterránea, en la cuestion de inflamar las minas por la chispa eléctrica, se expresa de la manera siguiente:

«Para precaverse de los efectos del humo han tratado hábiles minadores
»de excluir enteramente la salchicha: algunos han propuesto con este objeto
»el dar fuego á los hornillos por medio de la chispa eléctrica, reemplazando
»en este caso la salchicha por un conductor de alambre que quedase aislado
»en la canal, suspendiéndole con hilos de seda, ó mejor aun, haciéndole pasar
»por tubos de madera bien secos ó preparados en un baño aislante. La extre-
»midad podia ser terminada por una bola de metal colocada en presencia de

mente conocida la propiedad de la pila galvánica de descomponer el agua y los álcalis, de enrojecer, fundir é inflamar los metales reducidos en hilos finos ó en hojas delgadas, cuando se les interpone en una pequeña longitud entre los polos de los conductores, y aun cuando ademas se supiere inflamar

„un excitador cuya varilla estuviese metida en la pólvora, de manera que se daria fuego al hornillo presentando á la bola situada en la otra extremidad del conductor un cuerpo electrizado.

„Pero desde luego se concibe que este aparato, sobre exigir de parte del minador precauciones muy delicadas, podria quedar sin resultado en los parajes en que el aire estuviese frecuentemente cargado de humedad. „Ademas, al través de los atraques y filtraciones abundantes podria ser mojado el conductor metálico, y consiguientemente quedar interceptado el flúido eléctrico.”

„Adoptando disposiciones adecuadas llegarían sin embargo estos inconvenientes á ser de poca importancia. Por otra parte, esta manera de inflamar la pólvora ha sido ya aplicada á las minas con el mejor éxito por un Capitan de Minadores, durante las maniobras de verano en el campo de Sprang. Estas experiencias y otras de que daremos idea nos deben confirmar en la opinion de que este método de inflamacion de la pólvora deberá un dia ser preferido á todos los otros, tanto á causa de su simplicidad y rapidez, como por no exigir el empleo de ramales en muchos casos y conducir á la supresion de las canales; llevándolo ademas á mayor perfeccion dejaria detras de sí todos los otros procedimientos empleados, y abriría un campo enteramente nuevo á las aplicaciones de las minas.

„Aunque solo despues de haber pesado maduramente todas las ventajas é inconvenientes del nuevo método, en el que como en todas las innovaciones de este género deban ser tomadas en consideracion un gran número de circunstancias, no parezca prudente adoptarle de una manera general, mayormente en su aplicacion á las minas permanentes; sin embargo, desde el presente parece que este método de inflamacion ha de merecer el primer rango entre todos los otros. Los rusos han empezado en el dia á emplear en la mayor parte de sus sistemas de minas un método de inflamacion fundada en los mismos principios, y aun llegado á establecer de una manera permanente en muchas de sus plazas fuertes, debajo del glásis y en ciertos puntos determinados de las obras de ataque, millares de varas de conductores aislados, divergiendo todos de un mismo punto tomado cerca del redondeo de la contraescarpá, desde donde por medio de un buen aparato electro-motor pueden llevar el fuego instantáneamente á grandes distancias y al punto en que se quiera hacer levantar el terreno ó hacerlo saltar en el aire.”

la pólvora por el mismo medio, quedaban sin embargo dudas sobre el procedimiento que habia sido empleado en Rusia al aplicar por primera vez este agente en la inflamacion de las minas de guerra á lo largo y debajo del terreno: se dudaba tambien que este procedimiento fuera de una ejecucion fácil y permitiera establecer conductores permanentes.

Por la relacion de varios viajeros se sabia que el General Von-Schilder habia hecho en presencia del Emperador Nicolás experiencias de esta especie, que fueron coronadas del mejor éxito, y en las cuales, aun cuando la pila fue colocada á 960 varas, tuvo siempre lugar la inflamacion en el momento en que se pusieron en comunicacion los dos polos. Los conductores en estas experiencias consistian en hilos de cobre rojo envueltos en seda, y por consiguiente aislados; pero por lo demas extendidos sobre el terreno sin otro aparato. En ocasion de una de las grandes revistas del Emperador, se hizo saltar casi instantáneamente la superficie de un glásis ordinario delante de un saliente del camino cubierto aplicando el fuego desde un solo y mismo punto; y si no se miran como algo exageradas las relaciones de los Oficiales rusos, se hubieran tambien volado superficies mucho mayores de terreno por medio de minas compasadas construidas segun el sistema de Von-Hausser.

Respecto á los aparatos empleados, los conductores y las distancias reconocidas como mas convenientes, no se habia reunido hasta esta fecha ningun dato seguro. Solamente se sabia que no se usaba mas que de conductores aislados. Los conductores no aislados no fueron empleados sino mas tarde, en otros ensayos que tuvieron lugar en el verano de 1837, en el campo de maniobras de Sprang; pero para distancias de 90 á 120 varas, que bastan sin embargo para la defensa del glásis. Lo que hay de cierto es que la experiencia para la inflamacion de las minas debajo del agua tuvo lugar en el Newa por el caballero Le Molt el 8 de Octubre de 1837.

No se dudaba tampoco, á pesar de algunas objeciones, de la posibilidad de llevar la chispa eléctrica por medio de los conductores aislados á un punto dado, por muy lejano que

estuviere, aun fuera del alcance de la vista, empleando para ello solamente hilos de cobre. Esta opinion, emitida por Mr. Pouillet en su obra *Elementos de fisica*, segunda edicion, página 198, ha recibido en los últimos tiempos la confirmacion mas completa por una experiencia del sabio profesor Wheastone, hecha entre Lóndres y Birmingham en una distancia de siete horas de marcha próximamente. Experiencia en la cual se empleó la electricidad en la trasmision telegráfica de una nueva.

Aunque el aislamiento completo de los conductores pueda obtenerse por medio de seda gruesa, de resinas, de azufre, goma elástica, cáñamo, tela encerada y de sustancias grasas, es necesario reconocer sin embargo que para conductores destinados á quedar largo tiempo en su sitio y á extenderse á grandes distancias al través de un suelo húmedo estos medios exigen muchos cuidados y tiempo.

Por estas razones las experiencias que acabamos de citar mas arriba, y han sido hechas con conductores no aislados, consideradas en su aplicacion á las operaciones militares que casi siempre exigen prontitud en la ejecucion, como por ejemplo cuando se trate de romper puentes de piedra, de hacer impracticables desfiladeros, y sobre todo de oponerse obstinadamente detras de los parapetos á los trabajos próximos de un sitiador; estas experiencias, decimos, deben ser miradas con mucho interés en su aplicacion militar, en razon á la mayor simplicidad del aparato y de la ejecucion mucho mas rápida que permiten; cuando por ellas se verá que puede asegurarse constantemente la posibilidad del éxito á las distancias de 90 á 126 varas. Aunque por medio de largos trozos de hilos de cobre hayamos llevado nuestros conductores no aislados hasta la longitud de 156 varas, y esto sin que dejasen de llenar su objeto, no hemos creído necesario llevar nuestras experiencias mas allá de los límites prescritos, en atencion á que la longitud ensayada de 90 varas es ya suficiente para atender á todos los puntos del glásis, pudiéndose mirar como inútiles para el objeto que nos hemos propuesto los gastos que exigirian conductores no aislados de mayor longitud.

Despues de haberse fijado largo tiempo las investigaciones al resultado de estos ensayos, se han tentado otros en Holanda con objeto de resolver varias cuestiones del mayor interés en el asunto que nos ocupa. Se mandó construir un pila á lo Wollaston, sobre dimensiones dadas, y con una fuerza apropiada al objeto que se deseaba. No se procedió á la determinacion de los conductores, y de otras partes accesorias del aparato, sino despues de muchas construcciones comparativas con la condicion no solamente de que todas estas partes pudiesen llenar perfectamente su objeto, sino tambien de ser bastante sólidas, y de un entretenimiento cómodo y fácil así en la práctica como para la conservacion.

En el *Espectador militar* holandes (tomo 6.^o), de donde tomamos estas noticias, se exponen los resultados y los detalles de las experiencias de que acabamos de hablar. Estas harán conocer mejor su mucha importancia y adquirir la certeza de que puede aplicarse este medio en grande escala, con objeto de impedir á un asaltante el aproximarse impunemente hasta el pié del glásis, y de establecer sobre éste obras de ataque, de manera que se vea forzado si persiste en sus proyectos, á recurrir á un ataque á viva fuerza para llegar al coronamiento y establecimiento de sus baterías de brecha.

Se ha reconocido universalmente que la dificultad en el empleo de las minas (excelente medio de defensa á causa de la impresion moral que produce sobre el enemigo) consiste menos en el establecimiento de los hornillos, que en los medios de comunicar el fuego á las pólvoras, y que toda simplificacion, toda mejora en esta parte del servicio deben ser miradas como un progreso de los mas esenciales del arte del Minador. Ahora bien, como los hornillos se establecen en las extremidades de una porcion de galerías, semigalerías, ramales, canales y atraques; y que de esta manera el asaltante, para oponerse al juego de estas minas, no tiene necesidad sino de descubrir, cortar ó seguir algunas de las ramificaciones de esta vasta red subterránea, se deberá reconocer en los hornillos de minas armados de conductores galvánicos la doble ventaja: Primera, de no exigir en los armamentos precipitados ninguna

construccion preliminar; ni galerías, ni ramales, ni canales y atraques, pudiendo reducirse á especies de pozos á *la Boule*. Segunda, de hallarse mucho menos expuestas en el curso de las operaciones de sitios á ser encontradas por el minador enemigo que no podrá llegar á descubrirlas sino por medio de tanteos, colocándose precisamente en la esfera de accion de estos hornillos, y esto en un período de la defensa en que el sitiador tendrá siempre la posibilidad de hacer jugar sus hornillos instantáneamente. Ademas no existe terreno alguno por poco elevado que se le pueda suponer sobre el nivel de las aguas (se refiere á los terrenos de los Países Bajos), que no tenga de seis á siete pies de profundidad (y en el medio del glásis se tiene mas todavía), y en el cual no se puedan emplear con mucha ventaja y en muy poco tiempo fogatas armadas de nuestros conductores, principalmente fogatas de piedras y granadas á cargas reforzadas. Estos medios de defensa no deben seguramente ser despreciados en el estado actual del arte.

Se dice que hace ya diez años han obtenido los rusos los mejores resultados de este medio de dar fuego á las minas; pero como es difícil en nuestro concepto que en semejante materia pueda quedar el secreto ignorado mucho tiempo de un observador atento, concluiremos de aquí que se hubieran obtenido excelentes frutos, si se hubiese enviado mas antes á estudiar este arte, entre nuestros poderosos aliados (habla el *Espectador militar* holandés). Así se llega á conocer la necesidad de ver introducido entre la juventud de los cuerpos especiales el uso de los viajes científicos; porque á cualquier altura que uno crea puede llegar en el arte, hay siempre en un campo mas vasto observaciones que hacer, de las que puedan sacarse en el momento de necesidad, aplicaciones preciosas, sea para la gloria, sea para la defensa del país.

II.

Descripcion de la batería galvánica, segun el sistema de Wolaston.

En las primeras experiencias de esta especie que vamos á exponer, se ha hecho uso constantemente de una pila á la

Wolaston. Hemos dado ya algunas nociones necesarias para comprender la teoría y progresos de estos aparatos eléctricos: réstanos solo describir el mecanismo de aquella pila ejecutada segun ciertos datos y considerada ahora como un instrumento militar destinado á dar fuego á los hornillos de mina.

Como hemos dicho, la pila de Wolaston se compone esencialmente de tres cuerpos; dos metálicos buenos electro-motores que son el cobre y zinc, y uno no metálico que en nuestro caso es un líquido á la vez excitante y conductor; las placas de zinc y cobre forman lo que se llama elementos de la pila; el primero el elemento positivo, y el segundo el negativo. Reunidos ambos toman el nombre de par. Fijémonos en la figura 6.^a donde se presenta la elevacion, planta y un perfil de la pila de que se trata: *aa, bb* es el primer cobre; *cd* el primer zinc; *a'a', b'b'* es el segundo cobre; y *c'd'* el segundo zinc &c Los dos metales estan unidos en *ee*; *vv'* son las divisiones de la caja rectangular llenas del líquido conductor (agua acidulada) hasta *ff* que se eleva naturalmente hasta *f'f'* despues de la immersion de los elementos; immersion que tiene lugar siempre que se levanta la caja por medio del torno *g*. Las placas de zinc estan mantenidas á una distancia determinada de las hojas de cobre que las envuelven por medio de unas piezas *rr* de madera bien seca fijas con goma laca, ó cualquier otro mastic conveniente.

Esta disposicion ofrece grandes ventajas; primeramente el flúido galvánico desarrollado continuamente en la superficie de las placas de zinc, puede desprenderse sin obstáculo de todos los puntos; y en segundo lugar este mismo flúido no tiene mas que una capa delgada de líquido que atravesar para llegar á la superficie del cobre: ventaja que no tenian las pilas antiguas de cajon, y á la cual se atribuye el aumento considerable del poder de propagacion, que presentan las pilas á la Wolaston; todos los detalles del aparato actual tienen por otra parte la disposicion mas ventajosa para favorecer dicho poder conductor.

Esta pila puede ser puesta en accion ó detenida en un ins-

tante cualquiera por medio de la pieza *ss* que detiene la rueda dentada del torno *q*.

Los diversos compartimientos de la caja no deben tener comunicacion entre sí; sus paredes interiores de vidrio ó de madera bien seca deben ser cubiertas de resina ó de un mastic no conductor.

Las placas de zinc son cuadradas y tienen seis pulgadas de lado.

Para llenar el cajon del líquido excitador y conductor se abre uno de los costados *ii* de la caja exterior. Se saca y se le pone horizontal, echando despues el líquido preparado hasta *ff*. Se introduce otra vez y se fijan cuidadosamente los conductores móviles (figura 7^a) por medio de los tornillos de presion *kk* (figura 6^a), á las extremidades de los conductores permanentes *nn*, que tocando el uno el último cobre y el otro el último zinc, forman los dos polos positivo y negativo de la pila.

Se levanta en seguida el cajon lleno por medio del torno, lo que produce la inmersion de los doce elementos, cada uno en el baño correspondiente y por consecuencia la formacion de la corriente eléctrica, que se propaga con la rapidez del rayo hácia los polos, recorre el hilo de acero (figura 7^a), le hace enrojecer, inflamar ó fundir, y comunica así el fuego á la pólvora *ppp* que le rodea. Producido ya este efecto no hay mas que bajar al momento el cajon por medio del torno, á fin de no exponer los metales á una corrosion inútil.

Segun que el líquido en que se sumergen los diferentes elementos de la pila, se halle mas ó menos fuertemente acidulado, así los efectos del calor producido en los alambres interpuestos pueden ser mas ó menos sensibles. Sin embargo, es menester evitar en algunas experiencias el empleo de ácidos fuertes, porque destruirian en poco tiempo los metales. El agua sola es un conductor imperfecto, y por esta razon se mezcla una cierta cantidad de ácido que segun Pouillet guarda la proporcion siguiente:

Agua	1
Acido sulfúrico . . .	$\frac{1}{16}$
Acido nítrico	$\frac{1}{16}$

y es muy á propósito para todas las experiencias de física. Para conservar esta mezcla pueden servir vasijas barnizadas de cuello estrecho, de una capacidad tal, que basten dos para contener la cantidad de líquido que sea necesario. Estas vasijas se cierran con tapones de corcho untados de sebo. Este líquido puede servir en varias experiencias como se verá mas adelante, y por consiguiente importa el conservarlo bien. Después de la operación se deben lavar con agua pura los elementos de la pila y los compartimientos de la caja.

Atendiendo á que los ácidos no tienen siempre el mismo grado de fuerza, y tambien á que el líquido preparado de antemano puede por diversas causas haber perdido su energía, será bueno antes de proceder á las operaciones, y mayormente cuando se trate de dar fuego á hornillos de mina muy distantes por medio de conductores no aislados; será bueno, decimos, ensayar la fuerza del líquido adaptando un hilo de acero de longitud y grueso determinados, á los polos de los conductores cortos, y viendo si la batería es capaz de producir la inflamación ó fusión de estos hilos.

Un líquido compuesto como se ha dicho anteriormente calienta hasta el rojo un hilo de acero número 4.^o de una pulgada y ocho líneas de longitud colocado entre los pequeños conductores. En las mismas circunstancias un hilo de acero número 5.^o toma una tinta azul oscura con una longitud doble de la anterior, enrojece á la de dos pulgadas y siete líneas y se funde en glóbulos cuando aquella se reduce á una pulgada y ocho líneas. El del número 7.^o enrojece á la de tres pulgadas y se funde á la de una y ocho líneas; y por último los hilos de acero números 11 y 12 son calentados hasta el rojo blanco bajo una longitud de cuatro pulgadas y tres líneas, y se funden en glóbulos bajo menores longitudes. Ensayos análogos en pilas de otras dimensiones de la misma ó diferente especie que las que acabamos de describir, nos darán á conocer su grado de fuerza, y podremos calcular con anterioridad si será el suficiente para los resultados que se quieran obtener.

De los conductores y de la manera de fijarlos.

La conductibilidad de los metales reducidos en hilos de un mismo diámetro está, segun Davy, expresada proporcionalmente de la manera siguiente: Platina 100; cobre 550, plomo 380. Pouillet ha encontrado por su parte, que representando la conductibilidad de la platina por 100, la del cobre rojo deberia estarlo por 758. Mr. Becquerel en fin no encuentra en las mismas circunstancias mas que 609 para el cobre, sin decir si ha operado sobre el cobre rojo ó sobre el laton, y 50 solamente para el plomo.

Desde luego se deja conocer que los conductores de plomo son aquellos que menos convienen á nuestro caso, no solo á causa de su poca facultad conductriz, sino por la dificultad de ensamblar sólidamente las diversas láminas ó bandas, operacion que por otra parte haria perder mucho tiempo. La cuestion de economía cuando se trate de minas tan importantes como las que se establecen debajo de las baterías de brecha, ó debajo de las brechas mismas, viene á ser muy accesoria para que no pueda dejarse de tomar en consideracion, y tanto mas cuanto un sistema de conductores no es de ningun modo perdido despues del juego de la mina, sino que puede ser retirado y servir para producir nuevas inflamaciones. Por otra parte nosotros veremos despues, que el precio de un par de conductores de cobre rojo de muy buen uso no es muy elevado, y lo es mucho menos que el de los fuegos de comunicacion que exigen el empleo de canales de madera, de salchichas, de atraques &c.

En nuestras primeras experiencias nos hemos servido de hilos de laton de una á una y media líneas de diámetro: estos hilos iban unidos en sus extremidades de manera que quedaba bien establecido el contacto en sus puntos de union. Aunque en las experiencias en que hemos empleado estos conductores hasta las distancias de mas de 90 varas, nunca hayan dejado de transmitir la chispa eléctrica, no los hemos usado para distancias

mas considerables á causa del embarazo que ocasionan, porque se tuercen inevitablemente cuando estau libres, y por la necesidad de fijarlos á lo largo de cuerdas para prevenir este inconveniente; y en fin á causa de la poca superficie que presentan en todos los casos. Cadenas hechas con los mismos hilos ó con hilos mas gruesos, de las cuales se podrian formar mallas ó trozos de una á dos varas, tampoco llenarian mejor el objeto, mayormente cuando siempre podia temerse la falta de contacto en los puntos de union de las mallas, lo cual debilitaria la conductibilidad.

Los conductores que despues de numerosos ensayos nos han parecido preferibles bajo todos conceptos, y que satisfacen mejor las condiciones necesarias, son los formados de cintas delgadas de cobre rojo. Las hojas de este metal que se encuentran en el comercio tienen todas próximamente las mismas dimensiones en longitud y anchura (cuatro piés y una pulgada sobre tres piés y nueve pulgadas), y no difieren sino por el espesor y el peso. Cortando una de estas en 105 bandas de cinco líneas de anchura, cada una de ellas tendrá cuatro piés y una pulgada de longitud. Se reunen estas bandas ó trozos por medio de la soldadura de laton y del borax, despues de haber adelgazado las extremidades para cruzarlas sobre una longitud de cinco líneas, á fin de que despues de la soldadura el espesor sea próximamente el mismo que en el resto de la longitud. Estas bandas estan calentadas hasta el rojo y templadas despues en agua hirviendo acidulada con ácido sulfúrico á fin de disolver todo el borax que pudiera haber quedado sobre la soldadura, precaucion tanto mas necesaria quanto que importa que en todas las juntas las superficies en contacto esten bien limpias y reunidas tan íntimamente como sea posible. Un par de conductores así formados de una longitud de 90 varas ha llenado constantemente el objeto propuesto de la manera mas completa: en mas de cuarenta experiencias se ha inflamado la pólvora colocada entre los polos, y si en algunos casos particulares no se ha verificado la inflamacion, se ha encontrado siempre que debia atribuirse á la omision de algunas precauciones, y jamas á circunstancias dependientes.

de las propiedades de los conductores ó de la batería; de manera que las contingencias de los accidentes de este género deben disminuir á medida que se esté mas familiarizado con el uso y la teoría del aparato. Estos conductores, segun veremos luego por las experiencias de que se dará cuenta, resisten bien á las causas de alteracion á que se hallan expuestos, y notablemente á la oxidacion durante su contacto con el suelo, aun en el caso en que se hallen enterrados ó se les haga atravesar el agua de los fosos. Esto es por lo meros lo que se ha observado y probado en todo el tiempo que han durado las experiencias: ademas, gracias á su forma y al recocado que se les ha hecho sufrir, conservan bien la direccion rectilínea que se les ha dado sin formar sinuosidades. En fin, su resistencia á la ruptura en los esfuerzos que tienen que soportar es tal, que no nos ha sucedido una sola vez el que se rompan en todo el curso de las experiencias, aun cuando hayan sido arrastrados muchas veces al través de fosos cenagosos y sucios (1). Un par de estos conductores de 90 varas cuesta próximamente unos 24 francos. Arrollándolos con la mano despues de la experiencia puede acontecer alguna vez que se tuerzan el uno con el otro, lo cual podia embarazar cuando se quisiera extenderlos de nuevo. Para obviar este inconveniente se puede construir un carretel (como está representado en la fig. 9^a) que regulariza la operacion tanto para arrollar como para desarrollar los conductores, haciendo mas fácil su conservacion. Para arrrollar se principia por fijar el primer conductor, por uno de los pequeños agujeros abiertos cerca del polo, sobre un clavito encorvado, fijo para este efecto en una pequeña cavidad *s* (fig. 9^a). En seguida, despues de haber arrollado este primer conductor, se une el polo del segundo á la cabeza del primero por medio de un pequeño garfio ó *s* de cobre hasta

(1) Si aconteciese que los conductores se rompiesen cuando se les extiende por el suelo ó cuando se les estira, se podria remediar por el momento este inconveniente juntando los dos extremos rotos y plegándolos sobre sí mismos como se ve en la figura 10, y apretándolos despues fuertemente por medio de unas pinzas.

llegar á la cabeza del segundo, que se mantiene por una atadura sujeta en el círculo del carretel.

La figura 7.^a hace ver la disposición adoptada para unir las cabezas de los conductores á los tornillos de presión de la batería, mientras que las figs. 7.^a y 8.^a representan las extremidades de estos mismos conductores correspondientes á los polos.

En las experiencias que se han hecho para distancias mayores que 90 varas, se han prolongado los conductores descritos por medio de hilos de latón adaptados á estos conductores (fig. 11) por un simple nudo que se tiene cuidado de apretar fuertemente, á fin de asegurar el contacto de las dos partes que se juntan.

Cuando los conductores se destinan á un servicio continuo ó diario, á llevar el fuego á grandes distancias, ó bien á quedar largo tiempo enterrados y extendidos en los fosos, sería conveniente á fin de aumentar la fuerza, la resistencia y el poder conductor, construirlos en trozos de cinta de mas anchura, de seis líneas por ejemplo, y media línea de espesor (1).

Con respecto á la reunion y armadura de los polos pueden ocurrirse diversos procedimientos, y todos son buenos si reunen á la simplicidad y rapidez de la ejecución la certeza de un buen resultado. Indicaremos aquí algunas de las maneras que se han empleado en los diferentes ensayos; pero cualquiera que sea la que se adopte, hé aquí algunos principios que convendrá siempre tener presentes:

1.^o Evitar, sobre todo á grandes distancias, emplear hilos de acero mas gruesos que el número 12, aunque algunas de las experiencias de que daremos cuenta, demuestran la posibilidad de fundir hilos mas gruesos.

(1) El profesor Mr. Pouillet, en su obra ya citada, expone las siguientes leyes descubiertas por Davy á saber: 1.^o que la conductibilidad es proporcional al cuadrado del diámetro de los hilos, ó en general á la superficie de la sección de los hilos ó de las láminas; 2.^o que está en razón inversa de su longitud; y 3.^o que para una misma sustancia disminuye á medida que la temperatura se eleva, y al contrario aumenta á medida que la temperatura baja.

2º No dar mas que una pulgada de longitud á la porcion *ll* de estos hilos (figs. 7ª y 8ª), y para distancias considerables reducirla á nueve ó diez líneas, y menos todavía. Despues de haber sujetado el hilo en las muescas *l*, *m* ó *n*, arrollarlo dos ó tres veces sobre sí mismo.

3º Habiendo demostrado la experiencia que dos y aun tres hilos de acero colocados en *ll*, *mm* ó *nn* (figs. 7ª y 8ª) se funden y se inflaman simultáneamente por el efecto de la corriente eléctrica, convendrá cuando se trate de dar fuego á minas algo importantes, armar los polos de dos ó tres hilos para asegurar mas el resultado, y prever el caso, que no es de esperar, en que una de las comunicaciones llegue á desprenderse en la pólvora ó á perder su energía á consecuencia de un alto grado de oxidacion.

4º Tener cuidado antes de establecer la comunicacion entre las extremidades de los conductores por los hilos de acero, de fijar convenientemente estas extremidades contra el fondo ó contra la pared de la caja de la pólvora, sea elevándolas, sea por medio de un gancho ó de cualquier otro modo, y rodear los polos de pólvora fina y seca de manera que los cubra enteramente.

5º Despues de haber unido los hilos de acero en *ll* (figs. 7ª y 8ª) se deben cortar con tijeras ó pinzas todo lo que exceda á dos ó tres líneas, para no dejar al flúido eléctrico otra via de comunicacion que la que deba recorrer, y tener cuidado despues de cada operacion en que se hayan fundido los hilos, de quitar las extremidades que quedan en los conductores antes de adaptar otros.

6º Para ajustar prontamente los hilos de acero sobre los conductores, se les puede disponer como en la fig. 12, haciendo antes un lazo en cada extremidad, si es en los polos mismos en donde deban ser colocados, ó bien un solo lazo como en la fig. 13; si es algun punto intermedio el que se quiera armar. Por lo demas es menester hacer de modo que las partes dispuestas en lazos *l*, *m* ó *n* (figs. 7ª y 8ª), entren en contacto muy íntimo con los conductores y queden bien extendidos los hilos.

Con respecto á la manera de fijar la extremidad del sistema de los conductores armados, contra el fondo ó pared de la caja de las pólvoras, pueden ser adoptadas las siguientes disposiciones:

1^a En un pedazo de madera de encina bien seco, de cuatro á seis pulgadas de lado y una y media de espesor, se hacen dos hendiduras de una á dos líneas próximamente de anchura sobre una pulgada de profundidad y de intervalo la una de la otra (fig. 14). Se ajustan en estas hendiduras las extremidades de los dos conductores, y se impide el que puedan salir en sentido de su longitud por medio de una clavija de madera de encina que se mete por los agujeros *e* ó *f* (fig. 14), y se impide igualmente el que puedan salir por la parte superior, sea por un resorte, rellenando esta parte de un mastic ó de otro cualquier modo (1). Se ponen despues los hilos de acero en número de uno, dos y tres en las muescas *l*, *m* y *n* como se vé en las figs. 7^a y 8^a y se introducen los polos así armados en la caja de la pólvora.

2^a En lugar de un pedazo de madera cuadrada, como el descrito anteriormente, se puede emplear un pedazo cilíndrico de corcho de cuatro á seis pulgadas de longitud y una y media de diámetro, en el cual se practican dos entalladuras para depositar allí las extremidades de los dos conductores que por medio de un hilo se acabarán de fijar sólidamente.

Se podrian encerrar tambien los polos así dispuestos en una caja ó estuche particular de plomo ó de madera que se llenase de pólvora. Con una caja capaz de contener ademas de los hilos de acero una libra próximamente de pólvora, podiamos dispensarnos de enterrar el aparato en medio del hornillo á traves de una de las paredes de la gran caja en circunstancias que exijan mucha celeridad; contentándonos con

(1) Tambien con una pequeña cuña de madera. Se pueden disponer los extremos de los conductores de modo que queden horizontales en el sentido de su anchura, en cuyo caso las hendiduras son laterales; disposicion mas cómoda porque en toda su longitud no tienen que torcerse los conductores.

ponerla contra una de las caras exteriores, ó bien si la carga del hornillo se compone solo de barriles ó sacos de pólvora, dispuestos el uno al lado del otro echarla simplemente en el intervalo de estos.

3^a. Sea *a*, *b*, *c*, *d* (figs. 7^a y 8^a) la cara interior del fondo de la caja de las pólvoras ó de una pequeña caja particular: se fijarán los conductores en *ee* por medio de un pequeño clavo de cobre (fig. 7^a), ó mejor aun, empleando al mismo tiempo un tornillo de presion colocado en *ff*. Esta última precaucion debe tomarse sobre todo, cuando se trate de minas que hayan de quedar sin jugar despues de cargadas, porque entonces habrá mas seguridad de prevenir los efectos de las tracciones ó sacudidas que se impriman accidentalmente á los conductores; efectos que podrian producir la ruptura de los hilos de acero. En ninguna de las experiencias á que nos referimos han tenido lugar los accidentes que se preven.

IV.

Experiencias.

El autor de estos artículos continúa exponiendo detalladamente, los resultados de varias experiencias en que se daba fuego á pequeños montones de pólvora que representaban las cargas de las minas. Daremos un resúmen de los mas interesantes, principiando por las que fueron practicadas en Bois-le-Duc el año de 1838.

Los conductores eran de cobre en forma de cinta y sin aislar: su longitud en general de 90 varas, aunque se prolongaron por medio de hilos de laton de la manera descrita y representada en la fig. 11.

Se empleó la pila á la Wolaston: el líquido excitador que habia servido ya, tuvo que ser acidulado algo mas para llegar á enrojecer el alambre de acero. En tres experiencias sucesivas se adoptaron para fijar los hilos de acero las tres disposiciones que manifiesta la fig. 7^a, y el resultado correspondió: importa mucho levantar la caja del líquido rápidamente.

Los conductores pueden llevarse bastantemente aproximados el uno del otro y separarse, únicamente para impedir el que se toquen, por un pequeño zoquete de madera bien seca de media pulgada de anchura.

Los mismos conductores en forma de cinta de 90 varas de longitud fueron prolongados hasta 126 varas por medio de hilos de laton de 36 varas de longitud y 1,4 líneas de diámetro, (fig. 15). Empleando el hilo de acero número 9, y cubriendo algunas porciones del conductor con tierra fresca vegetal, la experiencia no tuvo resultado; pero este fue favorable haciéndose sentir inmediatamente la detonacion, cuando se reemplazó el hilo de acero por otro mas delgado del número 12, se aseguró mejor el contacto en las uniones, y recubrió bien de pólvora fina y seca el hilo de los polos en la posicion II (figura 7.^a)

Estos mismos conductores prolongados se dispusieron como se ve en la fig. 16. Se recubrieron de tierra vegetal en III y se colocaron pequeños pedazos de fieltro para separarlos en *m*. Se adaptó el hilo de acero número 12, y la explosion tuvo lugar inmediatamente, y tambien se verificó despues de haber reemplazado los trozos de fieltro por pedazos de carton untados de aceite, y de lienzo encerado.

Resulta de las experiencias anteriores que la corriente eléctrica no deja de propagarse por muy aproximados que se hallen los conductores, ya en toda su longitud, como en sus diversas partes, siempre que la separacion tenga lugar por sustancias suficientemente aislantes, tales como la cera, las cuerdas de cáñamo, el cuero, el fieltro, madera seca, &c., &c. En las aplicaciones se podrian fijar los dos conductores de cobre para extenderlos sobre el terreno á una cuerda de cáñamo, banda de fieltro ó de cuero. Podria adoptarse para evitar el que accidentalmente llegaran á tocarse, la disposicion representada en la figura 17, en virtud de la cual se hallan separados por el espesor de la banda ó cinta y por el intervalo tomado en su anchura misma.

Esta disposicion sin embargo no podria servir en el caso que los conductores hayan de ser enterrados, á causa del de-

terioro de la cuerda ó cinta de cañamo. Cuando aquellos están formados de trozos de cinta de cobre, soldados bien en sus extremidades, conservan la direccion rectilínea aun sin necesidad de fijarlos sobre otra materia: pueden sin embargo, segun lo exijan las experiencias, quedar enterrados directamente en una misma rígola ó canal, separándolos uno de otro por trozos de madera bien seca ó por algun otro de los medios dichos.

Dos meses despues de estas experiencias se hicieron otras en el camino cubierto del Fuerte Isabela en el mismo punto de Bois-Le-Duc. Muchos Oficiales de Artillería é Ingenieros asistieron á ellas, pues tenian un objeto importante para la aplicacion general del nuevo sistema, á saber: «El demostrar que los conductores podian extenderse enterrados en el terreno y al través del agua de los fosos.» Pero antes de la experiencia definitiva, se hicieron otras con objeto de saber si podrian emplearse hilos dobles de acero para la comunicacion de los polos.

El líquido excitador era el mismo que habia servido en las experiencias anteriores, es decir, que tenia por lo menos cuatro meses y medio de fecha. Se hizo continuamente uso para la reunion de los polos del hilo de acero número 12. Se probó la fuerza del líquido excitador adaptando á los conductores cortos de la batería, hilos de acero del número 6 y de dos y media pulgadas de longitud. Habiéndose enrojecido este hilo, se juzgó suficiente la fuerza excitante y conductriz de la disolucion ácida.

Los conductores de cinta se extendieron en linea recta, primero de 90 varas de longitud, y prolongados despues por medio de hilos de laton hasta 126 varas: el resultado correspondió en las diferentes disposiciones que se dieron á los hilos de acero para comunicar los polos, y están representadas en las figuras 7^a y 8^a.

Los mismos conductores, pero solo de 90 varas de longitud, fueron armados segun *ll* y *mm* (fig. 7^a) de dos alambres como se ve en la figura 18, y el resultado correspondió igualmente. Se añadió una nueva comunicacion en *a* (fig. 19) y la infla-

macion se verificó simultáneamente en *a* y *b*. Prolongados hasta 126 varas, se establecieron tres hilos *a*, *b*, *c* (fig. 20); la inflamacion tuvo lugar simultáneamente en *a* y *b*, pero faltó en *c*; sin embargo, apretadas bien las uniones, ya de la prolongacion de los conductores como de los hilos de acero y los tornillos de la batería, se verificó la inflamacion simultáneamente en los tres puntos.

Una última prueba tuvo lugar todavía estableciendo dobles comunicaciones en tres puntos distintos de *a*, *b*, *c* con hilos de acero del número 12: los conductores eran los mismos, prolongados hasta 126 varas, pero atravesando los fosos llenos de agua del cuerpo de plaza y medialuna (fig. 21). La inflamacion tuvo lugar sin embargo en los puntos *a* y *b*, pero faltó en *c*. Despues de haber apretado cuidadosamente las uniones de los alambres y conductor, se puso una sola comunicacion en *a* y en *b* quedando doble en *c*. La pólvora se inflamó en *a* y *c* fundiéndose á la vez los dos hilos de este punto: pero en cuanto al hilo *b*, se desprendió del conductor, no verificándose la inflamacion. Por último, esta tuvo lugar quitando las comunicaciones en *a* y *b* y quedando solo una doble en *c*.

Se procedió ya á las disposiciones preparatorias de una de las experiencias mas importantes que debia tener efecto algunos dias mas tarde. Los conductores en forma de cinta de cobre rojo y de 90 varas de longitud, fueron dirigidos por encima del parapeto, al través del foso del cuerpo de plaza (lleno de agua y de 42 varas de anchura) por el piso del camino cubierto y del glásis, llegando hasta el punto *q* distante 30 varas de la contraescarpa. Esta última porcion iba enterrada en una pequeña zanja (fig. 22). En esta disposicion quedaron los conductores sin aislar, expuestos á la influencia directa de la tierra y del agua, á fin de reconocer si su facultad conductriz podria ser modificada al cabo de cierto tiempo por la oxidacion ó cualquiera otra alteracion que pudieran experimentar.

Despues de quince dias principiaron las experiencias en el mismo sitio. Los conductores quedaron como se acaba de de-

en, extendidos al través del agua y debajo del terreno; se levantaron con precaucion los dos polos por medio de una pala y se armaron con hilos dobles de acero del número 12. El líquido excitador de las experiencias anteriores debilitado algun tanto, se reforzó con la adición de una pequeña cantidad de ácido nítrico y ácido sulfúrico: despues de haberlo removido bien en las diferentes capacidades de la caja y apretado los tornillos, se sumergieron los elementos, y en el instante mismo tuvo lugar la inflamacion en *q*. Se probó de nuevo la fuerza del líquido excitador adaptando hilos mas gruesos (de los números 5 y 6) á los conductores cortos del aparato, y se observó que se fundian completamente: se volvieron á armar los polos en *q* con otros dos hilos de acero, y tuvo igualmente lugar la inflamacion. Quedó pues probado que esta puede verificarse sobre el glásis por medio de la electricidad, al través de las masas cubridoras y de los fosos llenos de agua. Se hicieron despues pruebas mas complicadas dejando los conductores en el mismo estado. Se descubrieron en *p*, y armados aquí de otro hilo de acero número 12, correspondió el resultado simultáneamente con *q*. Se hizo mas: desde *v* y *u* se unieron al conductor dos hilos de laton de 25 pies de longitud, teniendo cuidado de colocar debajo de la parte *ut* donde se cruza con el conductor principal un césped, para impedir toda comunicacion; se armaron los polos *u* lo mismo que los polos *q*; y aunque la explosion no tuvo lugar simultáneamente en estos dos puntos, se verificó despues en *p* y en *t* aunque no al mismo tiempo que en *q*. Por último, armados los dos polos con dos hilos en este punto mas distante, se comunicó el fuego á pesar del tiempo trascurrido en que constantemente permanecieron los conductores atravesando el agua y la tierra húmeda.

En otras experiencias posteriores que se hicieron en el mismo año (1838) se dejaron durante 50 dias los mismos conductores precedentemente descritos de 126 varas de longitud, parte enterrados y parte sumergidos en el agua del foso de 48 varas de anchura. Importaba demostrar que el nuevo procedimiento para inflamar las minas era esencialmente ventajoso,

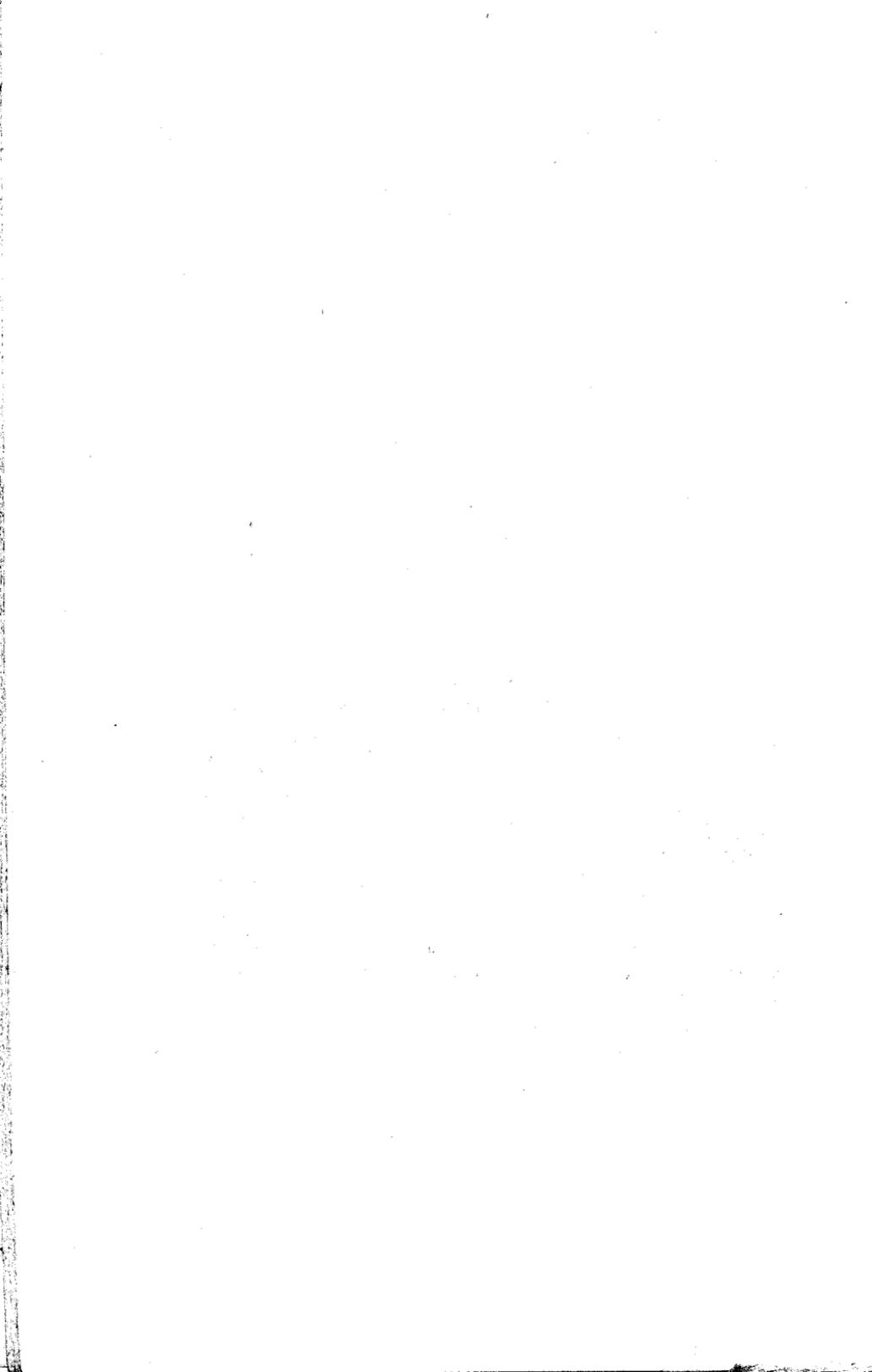
de una aplicacion general en todas las circunstancias, aun las mas desfavorables que pudieran presentar los casos de la guerra. Se desenterraron las extremidades de los conductores, y se reconoció bien pronto que el cobre rojo no habia sido sensiblemente oxidado. Se armaron los polos y se puso en juego el aparato: la inflamacion tuvo lugar inmediatamente, y otro tanto se verificó en quince veces que se repitió el ensayo delante de muchos Oficiales.

El líquido empleado fue el mismo que habia servido el año anterior, solamente avivado algun tanto por una pequeña adición de ácido.

En esta circunstancia se hizo uso de un medio bastante simple para armar prontamente los polos. Estos estaban separados, contenidos en una pequeña caja, y formados cada par de dos placas de cobre rojo de diez líneas de longitud y cinco de anchura, reunidas por hilos de acero número 12, y teniendo en las otras extremidades entalladuras correspondientes para fijarlos con los conductores principales.

Habiendo observado cuidadosamente que estos conductores conservan bastante bien despues de extendidos su direccion rectilínea, y su inalterabilidad debajo del agua y de la tierra húmeda, puede excusarse el sujetarlos á cuerdas de cáñamo, bandas de cuero &c., y aun el aislarlos en parte como se dijo anteriormente. Unos céspedes, piedras ó zoquetes de madera, pueden bastar solamente para mantenerlos con la separacion debida.

Estas mismas experiencias se extendieron á distancias mas considerables de 240 y 270 varas, y en todas se obtuvieron resultados favorables. Sin embargo, juzgando que tanto en campaña como para la defensa del glásis en las plazas, es suficiente la longitud de 120 varas, se ha limitado á ella la de los conductores en forma de cinta, aumentándola, si se quieren mayores distancias, con hilos de cobre.



HORNILLOS DEBAJO DEL AGUA (1).

I.

Si el nuevo procedimiento que acabamos de exponer presenta ventajas indisputables en la inflamacion de la pólvora de los hornillos debajo de tierra, no es menos interesante y propio para el caso en que estos hornillos hayan de colocarse debajo del agua y se trate de la demolicion de los navios, voladuras de puentes &c. Entraremos primero en algunos detalles sobre el modo de preparar estos hornillos, porque esta parte es independiente del procedimiento de inflamacion que se ponga en práctica, y nos extenderemos despues en la aplicacion del método que nos ocupa.

El autor de estos escritos expone los detalles de algunos trabajos de esta especie practicados por el Coronel inglés Pasley, Director de la Escuela de Ingenieros de Chatham, en la demolicion de algunos buques que obstruian la entrada del puerto de Gravesend, sobre el Támesis, y del *Real Jorge*, navío de guerra perdido en la rada de Spithead. Estos trabajos son interesantes, ya por su importancia, como porque pueden servir de guia en un caso semejante y excusar el repetir los numerosos ensayos del Ingeniero inglés para experimentar los diferentes medios que debia emplear y que merecian el buen resultado que ha obtenido por la constancia con que ha sabido luchar contra las dificultades.

El Coronel Pasley ha hecho uso de cargas de 43, 250, 2200 y 2400 libras de pólvora.

(1) *United service Journal*, números de Setiembre y Octubre de 1858, de Junio 1859, Febrero y Marzo 1840.

Las cargas de 43 libras se hallaban contenidas en barriles pequeños de hoja de lata de la capacidad de 10 azumbres próximamente. Las de 250 en cilindros de hierro forjado, terminados en conos; los cilindros tenían un pie y nueve pulgadas de diámetro y otro tanto de longitud, y los conos 10 pulgadas de longitud: en las extremidades había dos aberturas, la una para introducir la pólvora y la otra destinada á recibir un tubo para la carga del cebo. Estas cajas de hornillos eran formadas de hojas de hierro, que se fortificaban en sus juntas por aros del mismo metal, y unidas dos á dos por clavos remachados, soldadas además en toda la longitud de sus juntas longitudinales: las juntas circulares en la union de los conos con el cuerpo cilíndrico se hallaban igualmente sin ninguna clavazón.

Para las grandes cargas de 2200 á 2400 libras se han construido cajas de tres maneras distintas. Las primeras consistían en un cilindro de plomo contenido en otro cilindro de madera perfectamente restañado, para lo cual se habían calafateado cuidadosamente las juntas y embreado toda su superficie á fin de cerrar los poros de la madera. Las segundas, igualmente dobles, consistían en un cilindro de madera embetunado y cubierto de láminas de plomo soldadas. Para precaver los efectos de la blandura de este metal, se juzgó necesario protegerle por una cubierta exterior formada de latas de madera de olmo, sujetas por una cuerda fuera de servicio, clavada sobre las latas.

La figura 23 representa las cajas de hierro forjado empleadas para las grandes cargas, de la misma forma segun se ve, que las que se han descrito para las de 250 libras. La longitud total es de ocho pies y nueve pulgadas, y la de la parte cilíndrica de cinco pies y cuatro pulgadas sobre tres pies y tres pulgadas de diámetro. Una de las extremidades termina en punta y la otra está truncada con una abertura en su centro, á la cual hay adoptado y soldado un embudo de bronce. Esta disposicion es muy cómoda para poder cargar, y cuando se quiera vaciar el cilindro.

Las hojas de hierro que han servido para la construccion

de estos grandes cilindros, tienen de espesor cuatro líneas, mas que suficiente para resistir á la presion del agua, pero que se ha adoptado sin embargo para dar á los cilindros un peso tal, que estando llenos de pólvora puedan bajar hasta el fondo del mar. Por lo demas se les construye lo mismo que las calderas de las máquinas de vapor, claveteando las hojas y soldando las juntas con sal amoniaco y tiras de hierro. Sobre el cuerpo cilíndrico de la caja y en su medio se practica un agujero circular destinado á dar paso á un tubo de plomo de dos pulgadas de diámetro y un pié y nueve pulgadas de longitud. La extremidad de este tubo que está dentro del cilindro y viene á parar al centro de la carga, se halla perfectamente cerrada. Se le llama *tubo de cebo* porque contiene una carga de pólvora de tres á cuatro onzas próximamente, á la cual se da fuego por los medios que indicaremos, y cuya explosion produce la de la gran carga. Se fija en su posicion por un collar soldado en la superficie exterior del cilindro. Se encierra así el cebo en un tubo que no tiene comunicacion con la caja á fin de que aun cuando el agua penetre en él, la *gran carga* no pueda averiarse. Despues de haber adaptado el tubo de cebo, se llena de pólvora el cilindro y se cierra el agujero de introduccion de la carga por un tapon, sobre el que se pone tierra gredosa hasta algunas líneas de espesor, y por fin se suelda un disco de metal: operacion que exige un obrero adiestrado, y que no sea accesible al miedo.

Por mucho cuidado que se haya puesto en la construccion de estas cajas, siempre será prudente someterlas á una prueba de recepcion, á fin de asegurarse que han sido bien restañadas. Para esto se las tiene sumergidas en el agua á la profundidad á que deban ser empleadas, durante una ó dos horas, se las saca despues, y si se encuentra la menor cantidad de agua se las llena nuevamente de este líquido y por medio de una bomba impelente se produce sobre él una presion de tres ó cuatro atmósferas. Si en esta operacion el agua se escapa al exterior, se deseubren fácilmente los agujeros que le dan paso, y se les cierra con una soldadura, aplicando en seguida sobre la cubierta una capa de pintura.

II.

Medios empleados para dar fuego.

El Coronel Pasley ha hecho uso de tres medios diferentes para dar fuego á las cargas de las pólvoras debajo del agua: el primero consiste en la *espoleta* de *Bickfort*, por la que se ha concedido patente de invencion, al minador de este nombre (de *Cambourne* en el Cornwall). Tiene cinco pies y medio de longitud y arde en el agua (1). El Ingeniero inglés ha hecho de ella un uso frecuente para dar fuego á las cargas de 85 y de 250 libras. Dos condiciones son sin embargo necesarias para poder emplear estas espoletas con éxito y seguridad; primera, que la profundidad del agua no exceda de 54 á 64 pies; y segunda, que la cantidad de pólvora de la carga inflamada, no sea capaz de producir un efecto grande cualquiera en la superficie del mar; porque con la espoleta de *Bickfort* la lancha ó barco que sirve en la operacion no tiene el tiempo necesario de alejarse antes que la explosion tenga lugar.

Se une esta espoleta al barril que contiene la carga si es pequeña, ó al tubo de cebo si es grande ó mediana. Se prende fuego en el aire y se baja la carga con su espoleta en el agua, por los medios que indicaremos. Al cabo de dos minutos la explosion tiene lugar.

Se emplean frecuentemente para mejor asegurar el éxito dos espoletas en vez de una. De diez y ocho experiencias ha faltado una sola explosion: se tenia cuidado tanto para las pequeñas cargas como para las medianas y grandes, de aislar la carga de cebo, á fin de que solo esta fuese averiada por la introduccion del agua, caso de que la espoleta no produjese su efecto.

El Ingeniero inglés no entra en ningun detalle sobre la ma-

(1) Se cree no entra mas que pólvora fina en la composicion de estas espoletas, (número de Junio 1839, página 186).

nera de unir las espoletas á las cajas de las pólvoras. Cuando estas tenian un tubo de cebo, se fijaba en él la espoleta.

El segundo método empleado se reduce á una salchicha de mina contenida en un tubo de plomo flexible de una pulgada de diámetro interior. Los mas largos tenian $27\frac{1}{2}$ varas de longitud y la mayor profundidad á que han tenido lugar las explosiones ha sido de 64 pies. Estas salchichas estaban llenas de pólvora fina, y fijas á la pared interior del tubo en toda su longitud: arden con bastante igualdad á razon de diez pies y nueve pulgadas por minuto; mientras se vea salir humo por la parte superior del tubo hay seguridad de que la combustion tiene lugar; pero si el humo cesa es señal de que el agua ha penetrado en él, y sin peligro se puede recorrer el aparato.

Colocada la salchicha en su tubo de plomo, se cierra este herméticamente por sus extremidades con tapones de rosca: se le arrolla de modo que forme un círculo de tres pies y medio de diámetro, y se le encierra con la carga en una de las cámaras del barco que sirve para las operaciones. Cuando deba hacerse uso de él, se le fija por su extremo al tubo del cebo atornillándole con este. Solo despues de haber adoptado este medio el Coronel Pasley, miró como resuelta la cuestion debatida tanto tiempo. La otra extremidad del tubo se amarra á una boya, ú otro cuerpo flotante. En fin, se prende fuego á una mecha lenta, que comunica con la salchicha, alejándose despues; cuando la profundidad es de 54 á 64 pies, puede excusarse la mecha y dar fuego inmediatamente á la salchicha. El retardo de la inflamacion deja el tiempo suficiente para retirarse á una distancia bastante grande para no temer nada de la explosion.

III.

Uso de una batería voltaica para dar fuego á las minas debajo del agua.

Este medio es preferible á los precedentes porque es de un efecto mas seguro, y á una distancia bastante grande para hallarse libre de la explosion, se puede hacer jugar la mina

en un instante determinado. La idea de emplear este medio se presentó al Coronel Pasley en 1837 despues de haber sabido que en el mismo año era objeto en Prusia de una experiencia militar para hacer saltar un puente.

La batería de que ha hecho uso el Coronel Pasley es la del Profesor *Daniel*, llamada de corriente constante porque conserva su actividad sin disminucion durante algunas horas.

Los hilos conductores eran de cobre y tenían 2,5 líneas de diámetro: disminuyendo este, es menester aumentar el poder de la pila para que la explosion se verifique á la misma distancia.

El aparato conductor estaba formado de dos hilos de cobre, aplicados sobre las dos aristas diametralmente opuestas de una cuerda de dos pulgadas de diámetro: por un extremo se hallaban separadas las extremidades de los hilos, á fin de ponerlas en comunicacion con los polos de la batería. Tal es la teoría de este aparato; su construccion debe esencialmente satisfacer á las dos condiciones siguientes: primera, que los hilos queden separados en toda su longitud sobre la superficie de la cuerda, porque si por una causa cualquiera se ponen en contacto en un solo punto, por él se recompondrian los flúidos eléctricos y no penetrarian en el tubo del cebo; segundo, que el agua no se introduzca en este tubo embebiéndose en la cuerda. Se han llegado á vencer estas dificultades por medio de una composicion á prueba de agua, en la cual entran pez, cera y sebo. La pez es la base, los otros dos ingredientes sirven únicamente para hacer mas dúctil la composicion, que por otra parte es susceptible de adquirir una gran dureza.

Esto supuesto, se cubren los hilos de cobre con esta composicion en toda su longitud á excepcion de sus extremos que deben quedar limpios y brillantes. La experiencia ha enseñado que en este estado no pierden nada de su facultad conductriz mientras que las extremidades por cuyo medio se completa el circuito, queden como acabamos de indicar. Se embrea perfectamente la cuerda, y se cubren con la composicion á prueba de agua las dos caras de una cinta de algodón con la cual se envuelven los hilos conductores, se aplican estos sobre

la cuerda, y para mantenerlos fijos sobre ella de manera que no puedan ponerse en contacto, se les sujeta por medio de un bramante fuerte dándole muchas vueltas.

El aparato conductor así dispuesto tiene la forma de una cuerda ovalada, que puede ser arrollada fácilmente. Cuando haya de hacerse uso de él, se unen las dos extremidades de los hilos de cobre por medio de un hilo delgado de platino de una pulgada próximamente de longitud. Se pone en el tubo de cebo la pequeña carga que deba contener, y sobre esta se echa polvorin: se introducen en dicho tubo los hilos de cobre, de modo que el hilo de platino quede tocando el polvorin. Se cierra el tubo de cebo con un tapon atravesado por los hilos, y se vierte encima hasta una altura de tres á cuatro pulgadas la composicion á prueba de agua en un estado de fusion, que sin embargo no sea tan líquido que pueda introducirse entre el tapon y la pared interior del tubo. De esta manera se impide la introduccion del agua en el tubo, y se necesita un esfuerzo de mas de cuatro quintales para vencer la adherencia de la composicion.

En la práctica los conductores principales pueden servir muchas veces, porque en todas las experiencias los hilos que forman los polos y van á parar á la carga son pequeños cabos ó trozos unidos á los primeros, y estos cabos son los únicos destruidos por la explosion y aun muchas veces quedan en buen uso.

IV.

Medios que se emplean para bajar las cargas al fondo del mar.

Las primeras operaciones deben ser sondear y hacer bajar nadadores y buzos para reconocer la posicion del barco y los puntos donde deben colocarse las cargas para producir el mejor efecto.

El Coronel Pasley hizo con esta ocasion una modificacion en la forma de la campana ordinaria de buzos, á fin de poder hacer uso de ella todo el dia, á pesar del flujo y reflujó del mar. Con la campana ordinaria de base rectangular no se pue-

de trabajar mas que dos horas por dia. Esta modificación consiste en añadir á la campana dos puntas ó tajamares de madera que le den la forma de un machon de puente. Se hizo el ensayo á la profundidad de 46 piés y medio; la campana quedó sin movimiento durante las mareas. El solo inconveniente que se le encontró fue el no tener sonoridad por efecto de la aplicacion de la madera contra las paredes de la campana. Después de ensayar diversos expedientes para que el buzo pudiese comunicar con la embarcación á que está afecta la campana, se resolvió recurrir simplemente á señales hechas por medio de una cuerda, ó hacer escribir sobre una plancha que se subia desde la campana hasta la superficie del mar: lo que fue ya practicado en la construcción del Puente de Lary cerca de Plimouth, en donde se servian de una campana de madera.

En sus frecuentes viajes al fondo del mar, ya para colocar las cargas de la pólvora, como para sacar hácia la superficie los restos de las embarcaciones, usaban los buzos de un casco particular en el cual se introducía el aire por medio de una bomba impelente: tenían además una escala para subir y bajar, y su cuerpo iba unido á una cuerda de socorro. Este casco de buzos ha sido mirado como una invención extremadamente útil. Va unida á él una especie de chaqueta á prueba de agua que baja un poco mas del pecho y la espalda, por cuyo fondo reenvia el buzo el aire que sale de sus pulmones (1).

(1) En lugar del casco de buzos de Dean, fabricado por *Sadler*, del que no ha dado ningún detalle el diario inglés, describiremos el aparato de buzos imaginado por el Coronel *Gustavo Paulin*, Comandante de los Zapadores bomberos de la villa de Paris, que hace parte de los aparatos de servicio de este Cuerpo, para los cuales le ha decretado un precio la Academia de Ciencias.

Este aparato se compone de cuatro partes: un casco, un ceñidor, un contrapeso y una amarra de socorro.

El casco es de hoja de lata con una careta de vidrio: de la parte superior arranca un tubo para inyectar aire. Debajo de la careta hay una llave que abre ó cierra un surtidor para expeler el aire excedente, y de la parte inferior del casco sobre todo su alrededor pende un paño de lienzo. Antes de armarse el casco, el buzo pone alrededor de su cuello un collar acolchado con esponja y fortificado en su medio por una banda elástica fija con una

Siendo la pesantez específica de la pólvora menós que la del agua, es menester ejercer un esfuerzo mas ó menos grande sobre las cargas contenidas en cubiertas de madera ó de hierro muy delgadas para hacerlas descender hasta el fondo del mar. Han sido varias las maniobras que se han practicado con este objeto.

Un buzo descende algunas veces en el mar con una pala y un cuerpo pesado, al cual va unida una polea por la que pasa una cuerda: practica una excavacion en la cual aloja el cuerpo pesado, que puede ser por ejemplo, un saco grande de arena; sube despues con un cabo de la cuerda, del cual se sirve para hacer bajar la caja de las pólvoras. Otras veces el buzo fija la polea á alguna parte de la embarcacion que ha sido echada á pique, ó bien asegura un grapon en el casco del buque, sube á la superficie, descende con la carga provista del aparato conductor, y la amarra en seguida al grapon.

hebillas. En seguida sujeta el paño de lienzo contra el collar por medio de una correa. El collar acolchado impide al agua introducirse en el casco, fuera de que el aire que la bomba inyecta le opone tambien resistencia. Por otra parte, no está cerrado el paso al aire que es expelido por el acto de la respiracion. El buzo no abre su llave de seguridad sino para dejar escapar el aire excedente.

El contrapeso es formado por unos zapatos de plomo que el buzo pone en sus piés y que sirven para hacerle bajar, pues su peso no es suficiente á causa del aire contenido en el casco.

El cinturon sirve para unir el casco al contrapeso por medio de dos pares de tirantes. Uno de ellos va unido al casco, y hace cuerpo con el cinturon. El otro par, unido á anillos fijos en el cinturon, se termina en forma de estribos, por los cuales pasa los piés el buzo. Pueden sin embargo estos tirantes separarse fácilmente del cinturon, y entonces el contrapeso es mantenido por la cuerda de socorro.

Esta es una larga cuerda que parte de la superficie del agua, pasa por un anillo fijado en el medio del cinturon y lleva en su extremo una muletila de madera que pasa por el anillo de una cuerda, cuyas dos extremidades van unidas al medio de la longitud de las hebillas del contrapeso. Por medio de ella se saca del agua el contrapeso cuando el buzo lo abandona.

Los comisionados de la Academia de Ciencias han comprobado por experiencias hechas sobre el Sena, que armado de este aparato puede ejecutar un buzo en el fondo del agua diferentes trabajos. En caso de necesidad se le ilumina por una lámpara. = ΑΥΓΟΥΛΗ.

Para las fuertes cargas de 2400 libras, se tomaban las mayores precauciones á fin de que no sobreviniese accidente alguno al aparato conductor. Se empleaban dos cuerdas unidas á cadenas que pasaban por debajo de la embarcacion, y un buzo acompañaba en su descenso la gran caja de las pólvoras, á fin de impedir que el aparato conductor pudiera frotar contra alguno de los destrozos del buque, y asegurarse si las cajas de las pólvoras se encontraban colocadas exactamente en los sitios que se querian atacar.

Para estas operaciones se elegía ordinariamente un tiempo sereno, aunque algunas se han ejecutado hallándose la mar bastante agitada.

El día fijado que se trataba de una gran explosion, se izaban los pabellones rojos á bordo de los buques empleados en la operacion para avisar á los demas que se hallaban anclados en la proximidad. Habiendo bajado la carga de la pólvora, el buque á cuyo bordo se encontraba la batería voltáica, iba alejándose, soltando el cable ovalado del aparato conductor hasta la distancia de 180 varas. Se tocaban dos redobles; al primero se ponía en contacto con uno de los polos de la batería uno de los hilos del aparato, y al segundo se verificaba lo mismo con el otro polo.

La explosion de las grandes cargas producía desde luego una conmocion que se hacia sentir á una gran distancia; la mar se levantaba bajo la forma de un gran segmento esférico, desde cuyo vértice se elevaba una columna de agua á una altura que variaba desde 6 hasta 36 varas. Se formaba despues una onda de 36 varas de diámetro en cuyo centro quedaban flotantes muchos restos de la embarcacion perdida. Los buzos completaban el resto.

El primer hornillo grande que se colocó debajo del *Real Jorge* voló el 23 de Setiembre de 1839, y el segundo el 15 de Octubre. Pasamos en silencio los hornillos pequeños y medianos que fue necesario hacer jugar para desprender ciertas partes de la embarcacion. Estas explosiones diversas sirvieron para abrir los bordajes del buque y permitir al agua entrar en el interior y limpiarlo de toda la broza y tierra que recubría

muchas bocas de fuego de hierro y de bronce que se pudieron en seguida sacar. El valor de los diferentes materiales extraídos bastaría para cubrir los gastos considerables que se hicieron, y cuya mayor parte fueron ocasionados por la falta de experiencia en unos trabajos que no habian tenido ejemplo todavía, y que ademas tenian un objeto interesante, cual fue el de restablecer en su primer estado el fondo de anclaje de la rada de Spithead, obstruida por el *Real Jorge*.

DIVERSOS MODOS DE DISPONER

LOS HORNILLOS DE MINA

EN UN ARMAMENTO PRECIPITADO (1).



Para hacer resaltar mas las ventajas del nuevo sistema de dar fuego á las minas, será preciso aplicarlo á la inflamacion de grandes fogatas de piedras y granadas. Si se considera el poco tiempo que es necesario emplear para armar la contra-escarpa de un frente atacado, con esta clase de fogatas (cuyos ensayos hechos en *Maestricht*, y mas recientemente en el campo de maniobras de *Sprang*, han producido los resultados mas favorables) no deberia nunca dudarse de hacer un frecuente uso de estos medios ingeniosos de defensa en los ataques eventuales de las plazas y de los fuertes.

Otra aplicacion mas importante todavía del nuevo método de inflamacion se presenta en las minas tan sencillas como fáciles de establecer, conocidas con el nombre de pozos á la *Boule*. Estos consisten en ciertas excavaciones en cuyo fondo se coloca la caja de las pólvoras, ó simplemente un cierto número de barriles ó de sacos de pólvora, si la mina debe ser recargada. Nada mas fácil ni mas cómodo que aplicar á esta especie de hornillos los polos de conductores convenientemente armados por cualquiera de los medios descritos anteriormente. Se podria en el espacio de una sola noche armar de esta manera todo el glásis de un frente atacado, bajo la direccion de

(1) Escrito por Mr. Merkes.

un jefe hábil y emprendedor, y en seguida, sin salir del cuerpo de plaza, disputar vigorosamente el coronamiento del camino cubierto y establecimiento de las baterías de brecha, haciendo volar parte por parte el suelo del glásis á una voz de mando y en el momento mismo que fuera preciso.

Si las cargas de pólvora han de quedar debajo del terreno durante un tiempo determinado, será necesario preservarlas de la humedad, sea encerrando las pólvoras en cajas dobles embetunadas en todas sus juntas, sea empleando los barriles ordinarios provistos de chapas, ó bien aun en casos precipitados en que no sea menester hacer uso de cargas muy fuertes, sirviéndose de grandes pipas ó tinajas barnizadas, parecidas á aquellas en que se conserva y expende el ácido sulfúrico, y que contieenea de 50 á 100 libras próximamente. De todos modos, siempre será bueno cubrir estas cajas, barriles, pipas &c. con paja ó cualquiera otra materia seca antes de echarlas tierra.

Fácil es convencerse que las minas de siete á catorce piés de profundidad solamente, segun lo exijan ya el corto tiempo que se tenga para establecerlas, como la poca elevacion del glásis sobre el nivel de las aguas, son no menos susceptibles de producir efectos importantes por medio de las cargas reforzadas. Supongamos, por ejemplo, que se trate de pozos de 10 piés de profundidad ó línea de menor resistencia: por medio de la sobrecarga sabemos que pueden obtenerse sólidos de explosion, cuyo radio en el círculo de la base sea tres veces esta línea de menor resistencia, de manera que nuestro pozo arrojaría una masa de tierra de 60 piés de diámetro en la parte superior. Sin duda que estas minas recargadas consumen cantidades considerables de pólvora; pero tambien bastarian media docena de estos hornillos para hacer completamente imposible el establecimiento de las baterías de brecha; y aun podría llegarse á este resultado sin recurrir á las cargas máximas y contentándose con cargas medias.

Es menester tener cuidado cuando se abren los pozos á la *Boule* de hacer la pared del lado de la plaza tan perpendicular como sea posible á la superficie del terreno, como se hace

en las fogatas pedreras (fig. 24), y de dar al contrario una cierta inclinacion á la pared del lado del ataque. Se pueden colocar piedras y materiales de escombros y demoliciones sobre la carga de la pólvora, y recubrir el todo con tierra. Esta disposicion produce efectos mas mortíferos sobre el asaltante, y al mismo tiempo los extiende mucho mas allá del gran círculo de explosion.

Aunque se ha probado ya por la experiencia que los conductores formados de cintas de cobre rojo nada pierdan de su poder de inflamar la pólvora, quedando sin aislar debajo del suelo en el espacio de quince dias, y aun cuando experiencias ulteriores hayan hecho ver que para un tiempo mas considerable todavia á distancias de 90 á 126 varas y á través del agua y de la tierra, no ofrezcan obstáculo ninguno á la trasmision del flúido eléctrico; sin embargo, para minas importantes que deban quedar mas de un mes armadas, convendria para mayor precaucion hacer uso de algun medio de aislamiento, simple y expedito á la vez, experimentado ya, á lo menos para aquellos conductores ó porciones suyas que deban quedar enterrados. Con respecto á aquellos que atraviesen el agua ó se extiendan simplemente sobre la superficie del terreno son menos de temer, en nuestro concepto, las consecuencias de las faltas de aislamiento. Se ha probado con éxito la aplicacion de dos capas de minio en toda la longitud de los conductores, y la de una cubierta ó forro de cáñamo sobre la parte que deba ser enterrada.

Provisto cada frente de ataque de dos baterías galvánicas, de las cuales podia quedar una en reserva, y de los pares de conductor correspondientes, se llegaria por este nuevo método de inflamacion empleado en concurrencia con los otros medios de ofender que estan en relacion con él, á hacer mas obstinada la resistencia, y á causar mucho mas daño al enemigo en la defensa que se ha hecho hasta el dia por el empleo combinado de las armas de fuego y de las armas blancas.

El poco coste que exige este nuevo procedimiento, comparado con los considerables gastos que ocasionan diariamente los medios de defensa, por muy insignificantes que sean en

sus efectos, debe mirarse como un sacrificio bien corto, mayormente si se considera que una plaza fuerte no presenta mas que dos frentes susceptibles de ser atacados. No olvidemos por otro lado que un par de conductores no puede mirarse como perdido despues del juego de la mina, admitiendo (lo que aun no se ha probado) que la parte de conductor próxima á la explosion sea arrastrada y destruida; lo demas puede retirarse y ser empleado ulteriormente.

Las opiniones de los Minadores han estado largo tiempo divididas sobre la cuestion siguiente: «Si es mas ventajoso establecer hornillos de mina con anterioridad debajo del glásis, ó esperar para abrir los ramales á que el sitiador haya dado á conocer la verdadera direccion de los ataques y sus emplazamientos principales.» En el dia convienen todos en dar la preferencia al primer medio; pero aplicado bien y con justa medida á ciertos frentes de ataque siempre susceptibles de determinarse de antemano, y aun sobre estos frentes á ciertos puntos en particular amenazados. Sería diferente si se tratase de una plaza susceptible de ser atacada por todos lados indistintamente, porque entonces, ó habria mucho que tantear, ó grandes gastos y trabajos que soportar si se quisiese preparar las minas sobre todos los frentes á la vez. Partiendo, pues, del dato que un frente de ataque no presenta sino cuatro puntos determinados sobre el glásis de 24 á 36 varas de desarrollo cada uno, donde el asaltante puede establecer sus baterías de brecha perpendicularmente á las caras de los baluartes y medialunas; el Ingeniero debe preparar en silencio la defensa de estas porciones del glásis, y de sus salientes delante de la medialuna y baluartes, cubriéndolos de obstáculos y medios de ofender al enemigo, y en seguida minar á tiempo sus emplazamientos para destruirlos y volarlos sucesiva ó simultáneamente.

Todo lo que en la defensa de una plaza fuerte pueda ser hecho de antemano es siempre un tiempo bien empleado, aun cuando parte de ello no sirva en el momento preciso. Un solo paso hecho á propósito para prevenir ó ir al encuentro de las empresas del sitiador vale ciento de aquellos que es menester

hacer mas tarde para desbaratar sus progresos. Con respecto á los otros puntos en que la direccion de los trabajos de ataque no esté tan bien determinada, es necesario, al tratar de establecer las minas defensivas, limitarse á la construccion de algunas galerías magistrales y de escucha, las cuales por no hallarse expuestas á ser cortadas ó á presentar el flanco á las minas recargadas del enemigo deberán establecerse segun el sistema de Von-Hausser. Se reservará, pues, la construccion de los ramales hasta el momento en que la aproximacion del enemigo los haga necesarios. Hallándose así dispuestos los principales hornillos, se tiene la doble ventaja de poder hacerlos jugar en el instante que se quiera, ó de establecer otros sobre la marcha en aquellas direcciones que se juzgue convenientes.

Respuesta dada á la importante cuestion enunciada precedentemente, discutamos ahora otra segunda no menos importante que la primera, á saber: ¿Cuál es el método mas seguro y expedito de establecer los hornillos permanentes, disponiéndolos para el nuevo método de inflamacion en cada uno de los emplazamientos, donde convendria ponerlos sobre los frentes amenazados, sin que sea necesario para esto emplear galerías, semigalerías ni ramales? Bien lejos de pretender dar una solucion completa á esta cuestion, creemos sin embargo deba someterse á la experiencia la disposicion siguiente: *p* (fig. 24) es un pozo cilíndrico de mampostería, construido hasta la profundidad que convenga, teniendo lisa la pared interior y una capacidad proporcionada á la carga reforzada que se le quiera dar: una bóveda esférica forma la cavidad inferior que se termina por una chimenea estrecha, redonda ó cuadrada, de mampostería impenetrable al agua, que tiene tambien lisas las paredes interiores. Esta chimenea está cerrada en su orificio superior por una especie de tapadera bastante grande para rebasarlo por todos lados á fin de impedir el que puedan penetrar las aguas pluviales. Para ocultarla á la vista se la coloca á algunos piés debajo del suelo del glásis, teniendo cuidado de marcar el sitio, ó señalarlo sobre el plano con las cuotas de su distancia, para poderlo encontrar fácilmente en caso de un

armamento eventual. Creemos que si una cámara semejante estuviese construida con muros de dos ladrillos de espesor, á manera de los que se emplean en la construcción de las cisternas, y la chimenea que la termina, trabajada también cuidadosamente, se podría en los casos necesarios dejar permanecer durante un mes ó mas las cargas de pólvora que se hubiesen depositado en pequeños sacos embreados, sin temor de que esta pólvora fuera alterada por la humedad. Un hornillo de esta especie no tendría necesidad de ataque, y es fácil comprender que una carga de pólvora encerrada en un medio mas duro y mas compacto que la tierra ordinaria de los terraplenes, produciría contra el asaltante efectos mas terribles y destructores. Si se considera que una misma cantidad de pólvora encerrada en bombas ó granadas y en cajas ordinarias de madera, y enterrada en ambos casos á la misma profundidad produce hoyas mucho mayores en el primero que en el segundo caso, y que además la proyección se verifica en el último con mas violencia; debe pensarse en la ventaja que resultaría de reemplazar los hornillos permanentes de mampostería por otros construidos de hierro colado (fig. 29). La chimenea sería en este caso un tubo de hierro clavado en *b* ó mas arriba. Bombas ó globos de esta especie capaces de contener de uno á tres quintales de pólvora, según la profundidad de cinco y medio á 14 piés á que sean enterrados, no serían difíciles de fundir, y hasta tenerse aprovisionadas en los arsenales estas minas formidables.

Para que la línea de menor resistencia de estas minas, y por consiguiente sus efectos, estén dirigidos principalmente hácia el ataque, bastaría practicar de este lado una excavación, en cuyo fondo se podría reunir un monton de piedras sueltas, como se ve en *q* (fig. 24), que se recubriría de tierras ligeras. Por este medio los flúidos elásticos de la pólvora, encontrando menor resistencia por este lado, saldrían por él de preferencia, pues además en la construcción de los pozos de mampostería la parte *p* de la excavación que mira á la plaza ha debido ser cortada tan inclinada hácia el fondo como sea posible, y las tierras por este mismo lado han debido que-

dar en su asiento natural. Si hubiera imposibilidad de satisfacer esta condicion, se tendrá cuidado al terraplenar de inclinar las tierras por el lado *p*. Si quisiéramos aun asegurar mas el efecto principal de la mina hácia el lado del ataque, se podria dar á la pared correspondiente del pozo un espesor de medio ladrillo en lugar de dos ó tres que tiene en lo demas de su contorno. Si se tratase de un aparato de hierro colado como en la fig. 29, se daria igualmente un espesor mitad menos en el hemisferio *c* que en el hemisferio *d*. Observemos aun que los pozos permanentes de mampostería de siete á 14 piés de profundidad no exigen un gran trabajo, y se podria en el momento de la investidura con poco tiempo y gasto construir una docena sobre el glásis del frente del ataque. La carga de tales minas y la colocacion de los conductores de cobre podria efectuarse en el espacio de una sola noche, aun despues de la abertura completa de la trinchera.

Convendria minar de la misma manera los salientes y los ángulos de la espalda de las obras avanzadas para poderlos destruir en el momento en que fuera necesario abandonarlas, si la defensa despues de un asalto general fuese desventajosa, ó se temiera sirviesen de punto de apoyo ó de abrigo al sitiador en su ataque contra el cuerpo de plaza. Si estas obras avanzadas estuviesen revestidas de mampostería, las minas de que se trata, pudiendo ser consideradas como grandes fogatas de piedras serian mucho mas peligrosas para el asaltante á causa de los escombros y piedras que ellas esparcirian y harian llover sobre él, sin que pueda ponerse á cubierto en sus trincheras.

Al terminar este artículo séanos permitido añadir algunas palabras con respecto al medio presumible que los rusos emplean para establecer fogatas y aun hornillos de mina ordinarios de una manera mas simple y expedita que con los pozos á la Boule. Es probable que se esté en un error cuando se cree que ellos prolongan hasta centenares de varas en una direccion horizontal los taladros que hacen á este efecto; y que el error en que se está con respecto á este punto provenga únicamente de que tienen un medio de inflamar á grandes dis-

tancias sus minas ó fogatas, que establecen de una manera simple en el lugar mismo que deben jugar (1).

Hace algunos años que los Oficiales extranjeros viajan con un objeto científico, sea por su propia cuenta, sea por una misión de su Gobierno; y segun lo que hemos adquirido por nuestra correspondencia con militares bastante ilustrados, creemos poder afirmar que todo el arte de estos taladros consista principalmente en emplear en direcciones, tales como *ab* (fig. 30), ó tambien segun *cd* ó *ef*, ciertas sondas ó trépanos del género de los representados por *Gumperts* y *Lebrun*, bajo la letra *B* de la plancha 13, con esta diferencia sin embargo de que el cilindro hueco de hierro del trépano, lleva interiormente una cierta canal de forma helizóidea que echa las tierras detras á medida que avanza, y se termina por una punta cónica armada igualmente de un filete helizóideo. En una palabra, esta es una disposición imitada, con alguna modificación, de una de las sondas descritas por Gilly en su *Hawdb der Landbouwk*, con ayuda de las cuales, en llegando á una cierta profundidad, por medio de alargaderas convenientemente adaptadas se puede ensanchar el agujero de la sonda, haciendo obrar á esta en una direccion opuesta á la que tenia, despues de haber hecho jugar un resorte. Es verdad que ignoramos aun los detalles sobre la forma y dimensiones de estas especies de sondas; pero se adquiririan estos conocimientos por pocos ensayos que se hicieran con las sondas de los modelos representados en el Gilly, modificados convenientemente para el objeto que se propone.

Es presumible ademas que despues de haber ensanchado la cámara cilíndrica introducen la carga de la pólvora conte-

(1) La comision de Ingenieros que de Real orden viaja por el Norte y Oriente de Europa, y que á fines de Julio ha debido hallarse en Petersburgo, habrá sin duda adquirido noticias mas circunstanciadas del estado actual que en Rusia tiene este importante ramo, las cuales, unidas á las que se han obtenido en otros puntos y á las nuevas experiencias que van á hacerse en Guadalajara, proporcionarán datos luminosos con que ampliar y perfeccionar las indicaciones de esta Memoria.

nida en un cilindro y provista de sus conductores, sirviéndose de una sonda ó alargadera apropiada á este caso. Como la línea de menor resistencia es mucho mas corta que el agujero de sonda, que tiene una anchura poco considerable, es posible que no se tomen el cuidado de atracar este agujero, y se contenten con rellenarlo con un poco de arena en su extremidad exterior. Esta última observacion no es mas que una conjetura por nuestra parte, y la damos como tal.

ULTIMOS RESULTADOS GENERALES.

I.

Si hemos de seguir los progresos y completar la historia de este nuevo método de inflamacion en las minas, será preciso dar una noticia, aunque reasumida, de las experiencias mas notables hechas en los últimos tiempos. Merecen particularmente nuestra atencion las ejecutadas por la compañía llamada de *Pioniers* sajona, y las que han tenido lugar el año anterior en Guadalajara en ocasion de los trabajos de la escuela práctica de nuestro regimiento, y posteriormente en esta corte con objeto de ensayar la nueva pila de *Bunsen*.

La pila de Wollaston empleada en las experiencias de 1838, de que nos hemos ocupado detalladamente, fue desechada en Sajonia para este objeto, ya porque pierde una considerable parte de su fuerza despues de preparada para obrar, como por ocupar un espacio excesivo y ser de difícil transporte. Por otra parte, los adelantos hechos en este ramo por varios físicos, entre ellos principalmente por los Sres. Daniel, Grove y Bunsen, parece debieron decidir á la construccion de una pila fundada en sus nuevos principios.

A fines de 1843 y primavera del 44 se hicieron varias experiencias que aun cree su autor O. Neumann, Oficial de Ingenieros y Comandante accidental de la compañía de *Pioniers*, no fueron del todo satisfactorias, aunque se verificó la inflamacion hasta 192 varas de distancia, empleando solo cuatro elementos de la pila que vamos á describir, y no es otra que la de Grove algun tanto modificada.

Se notaron al principio pequeños defectos en varias partes del aparato, que corregido despues se usó con bastante buen éxito. La disposicion perfeccionada es la siguiente:

Una caja *A* (fig. 31) de 15 pulgadas de largo y nueve de

ancho, contiene siete divisiones. En la primera division *B* estan las dos columnas *aa*, atornilladas en su fondo, sosteniendo las piezas *mm* provistas de tuercas para atornillar los conductores *dd*. La caja debe cerrarse con su cubierta y tener en sus extremos dos asas.

En las seis divisiones restantes se hallan los seis pares ó elementos galvánicos. Cada uno de estos se compone:

1.^o De un vaso de vidrio *bb* de $5\frac{1}{2}$ pulgadas de longitud y $3\frac{1}{2}$ de diámetro.

2.^o Una hoja de zinc *ee* arrollada en forma de cilindro de $5\frac{5}{8}$ pulgadas de alto y 9 de largo. En su parte superior tiene soldada una pieza de cobre, encorvada en el sentido horizontal con su tuerca correspondiente para fijar las piezas comunicantes.

3.^o Un vaso cilíndrico de arcilla fina de pipas, construido en Berlin, con cubierta de lo mismo, de $5\frac{1}{2}$ pulgadas de alto y $2\frac{3}{8}$ de ancho.

4.^o Las planchas de platino *h* (fig. 32) dispuestas en cruz y formando medias cañas para economizar espacio. Superiormente tienen soldada una horquilla *i* que atraviesa la cubierta para poder atornillar las piezas de comunicacion *R*. Estas, como los tornillos y barras comunicantes, son de cobre. La figura 33 indica la disposicion de estas últimas. La primera *m* va desde el polo *n* al zinc del primer elemento, la segunda desde el platino de este al zinc del segundo, y así sucesivamente hasta la pieza *o*, que parte del platino del último elemento y se termina en el otro polo.

Los conductores eran formados de tiras de cinta de cobre, de 24 varas de longitud, compuestas de diferentes trozos soldados con estaño. Cada dos de estas tiras van unidas por medio de unas fajas con el intervalo entre ellas de media pulgada. Se las cubrió con un barniz negro; y para asegurarlas entre sí y tambien á la batería por medio de tornillos tienen en sus dos extremos los taladros correspondientes.

Todas las superficies de contacto de las piezas conductoras fueron cubiertas con hojas delgadas de platino y barnizadas en lo restante de su longitud.

A los polos, que eran de alambre de cobre de $\frac{1}{10}$ de pulgada de grueso, se les dieron las dos disposiciones siguientes que una y otra probaron bien:

1.^a Los hilos *bb* (fig. 34) se hicieron pasar por un pedazo de madera dura y seca, doblándolos dos veces en ángulo recto, como manifiesta la figura, y asegurándolos además por una pequeña grapa.

2.^a El hilo de alambre se cubrió de seda y se le torció como una cuerda para que tuviese mas consistencia, haciendo un anillo ó gancho en sus extremos (fig. 35).

El vaso interior que contiene la platina se llenó de ácido nítrico, y el exterior en que se halla el zinc, de agua fuertemente acidulada. Aunque el zinc estuviese amalgamado, fue tan atacado durante el corto tiempo que se empleó en el ensayo, que el autor se decidió en las últimas experiencias á emplear solamente el agua salada ó acidulada con $\frac{1}{20}$ de ácido sulfúrico en el vaso exterior.

Por fin tambien se usó el zinc sin amalgamar y simplemente pulimentado, porque el mercurio, colocándose en forma de gotas en la parte inferior del zinc, hace que sea preciso amalgamarle de nuevo despues de algunos ensayos.

En uno de estos ocurrió que á pesar de escandecerse el hilo de platino, la pólvora no se inflamó, quedando sus granos pegados al hilo. Una mecha de estopin se inflamó sin embargo instantáneamente. Con este motivo se empleó tambien con buen éxito el dejar los polos suspendidos sobre la carga de la pólvora, comunicando con esta y el hilo de platino una mecha de estopin. Puede evitarse en nuestro concepto esta precaucion hallándose seca la pólvora y poniendo polvorin al rededor del hilo de platino.

Con los seis elementos indicados se pudo dar fuego hasta la distancia de 210 varas. Las experiencias tuvieron tan buen resultado, que se dió fuego á la vez á muchos puntos, habiendo dispuesto los hilos conductores de modo que la corriente eléctrica sin dividirse pasase por todos ellos. Se destruyó en el mismo campo de maniobras una batería de brecha por tres hornillos que volaron simultáneamente.

II.

Hasta aquí las noticias y detalles que nos dan los diarios holandes, inglés y prusiano sobre esta interesante aplicación de la electricidad á las minas de guerra; expondremos tambien brevemente los resultados que en nuestro pais hemos obtenido.

Al hacer uso por primera vez de este sistema en la escuela práctica del año anterior, se empleó una pila á la Wollaston construida para el objeto, y compuesta de diez y ocho pares, teniendo cada plancha de zinc un pié cuadrado y media pulgada de espesor; por lo demas parecida en un todo á la que llevamos descrita. Se la cargó con agua fuertemente acidulada, con ácido sulfúrico y nítrico. Los conductores eran formados por hilos de cobre.

Las primeras experiencias tuvieron lugar el 22 de Octubre en el rio, hácia la parte destinada para la maniobra de los puentes en presencia del Excmo. Sr. Ingeniero general y varios Oficiales del Cuerpo. Su objeto era la voladura de tres pequeños hornillos de ensayo: dos compasados colocados en terreno seco y uno debajo del agua. El conductor de cobre estaba forrado con una doble cubierta de algodón é hilo de carrete, pero la parte que se introducía en el agua quedó descubierta. Volaron casi simultáneamente los dos primeros hornillos situados á 50 varas de distancia de la pila, pero el que se colocó debajo del agua á 180 varas de la misma no tuvo resultado. La caja de la pólvora no estaba perfectamente impermeable; el agua se introdujo averiando toda la carga, y por consecuencia la inflamacion no tuvo lugar. La experiencia quedó aplazada para el 28 del mismo mes en que se obtuvieron resultados mas satisfactorios. Se colocó primero un hornillo debajo del agua á vara y media de profundidad en el medio del ancho del rio. La caja impermeable que contenía ocho libras de pólvora estaba cuidadosamente construida. Un baño de resina cubria interiormente no solo las juntas de la madera sino tambien la clavazon: exteriormente tenia un forro de lien-

zo cubierto tambien con el mismo baño. La principal circunstancia que se tuvo bien presente para evitar el resultado de la experiencia anterior, y á la que sin duda se debió la impermeabilidad de la caja, fue el modo de sacar de esta los conductores. Estos despues de clavados en el interior, comunicando sus extremos por un alambre delgado de hierro, atravesaban la madera por la cara correspondiente pero no el lienzo ó forro, sino que se doblaban al rededor de la caja en direcciones encontradas para atravesar dicho forro por la cara opuesta. De esta manera el juego de los alambres no favorecia en nada la introduccion del agua en la caja como en la experiencia anterior.

Los conductores tenian la misma cubierta que el primer día, y la pila se colocó á 150 varas de distancia. La inflamacion se verificó en el instante mismo que se puso en actividad la pila.

Otra experiencia se hizo en el mismo día con objeto de volar un hornillo colocado en la orilla opuesta del rio, teniendo los conductores que atravesar el agua. La distancia á que se situó la pila era excesiva pues pasaba de 220 varas. Sin duda por esta razon la experiencia no tuvo resultado. Se acertó la longitud de los conductores en unas 40 varas y la explosion tuvo lugar inmediatamente.

En todos estos ensayos y los que han seguido despues, los conductores se extendian indistintamente sobre el terreno y lo mismo atravesaban el agua, sin estar unidos ni próximamente paralelos entre sí.

Numerosas pruebas de esta especie se han repetido posteriormente. El 31 de Octubre se hizo volar otro hornillo debajo del agua y á unas 70 varas de distancia; pero una fogata pedrera que se construyó en la orilla opuesta del rio, quedó sin resultado, á pesar de que la distancia no excedia de 160 varas. Independientemente de otra causa de error, que podia ser por ejemplo el modo de llevar los conductores por debajo del agua y la armadura de los polos, se pensó en la pérdida de actividad de la pila ocasionada por tan repetidos ensayos.

Con objeto pues de apreciar la fuerza ó energía de la pila

hasta un cierto límite, se emprendió el día 4 de Noviembre una serie de experiencias en la escala progresiva de distancias, teniendo los conductores que atravesar el río, y se encontró que 130 varas era la mayor distancia á que se fundía un alambre delgado de hierro interpuesto entre los polos.

La distancia de la fogata pedrera que no pudo volar en las anteriores experiencias fue medida exactamente, y se encontró ser excesiva á la que permitía la actividad de la pila. Preparada de nuevo pocos días despues y cargada con 54 libras de pólvora, voló instantáneamente á pesar de que la distancia á que se situó la pila en la misma orilla excedía algun tanto de las 130 varas, pero esta vez los conductores no atravesaban el agua.

Ensayos análogos se han repetido con buen éxito. Por último al terminarse los ejercicios de la escuela práctica en ocasion de una de las operaciones del simulacro, verificada en el río el 9 de Diciembre, se volaron por este medio dos fogatas pedreras tan perfectamente que lo hicieron á la voz del mismo Ministro de la Guerra, sin mas retardo que el tiempo necesario para hacer la señal con una bandera desde la pequeña tienda donde presenció las maniobras. Uno de los hornillos colocados debajo del agua, que tenia por objeto figurar la voladura de un puente á la Birago, fue inflamado tambien por este medio, produciendo un efecto completísimo, y bajando á presenciarlo el Ministro de la Guerra y varios Oficiales generales.

III.

Experiencias con la pila de Bunsen.

Hemos expuesto al principio de estos escritos la teoría y mecanismo de los nuevos elementos inventados por Bunsen: reunidos entre sí, por ejemplo, hasta el número 10, 20 &c. como se ve en la figura 36, constituyen una pila bastante enérgica, cuyas principales ventajas han sido ya manifestadas; restanos ahora dar cuenta de los ensayos todavía incompletos que han tenido lugar en esta córte el 26 de Febrero de este mismo año.

Se cargaron 10 elementos con ácido nítrico del comercio y agua acidulada con $\frac{1}{12}$ de su peso de ácido sulfúrico. Los conductores estaban formados de trozos de cinta de cobre rojo de tres y medio á cinco piés de longitud. Hubo que unirlos doblando simplemente con la mano sus extremidades tres ó cuatro veces sobre sí mismas, lo que debió debilitar mucho su facultad conductriz. Se extendían paralelos á tres y media ó cuatro pulgadas de distancia por medio de unos pequeños zoquetes de madera, en cuyos cantos se habían practicado unas entalladuras en donde encajaban las cintas, que por este medio se conservaban siempre á la indicada distancia.

Se armaron los polos con alambres delgados de platino, de la manera prescrita anteriormente, y se pusieron dobles en algunas de las cajas que figuraban los hornillos. Estos eran cuatro, de los cuales había dos compasados y uno debajo del agua.

La pólvora estaba contenida en pequeñas cajas de madera de tres pulgadas de lado para los primeros, y de cuatro para los segundos. Los polos eran de alambre de cobre en uno de los hornillos compasados, y en los otros de la misma cinta que el resto de los conductores. Se aseguraban en una pequeña pieza de madera colocada en uno de los costados de la misma caja, y se doblaban al salir de ella en sentidos encontrados.

Para hacer uso de la pila ya cargada no hubo mas que cerrar el circuito, introduciendo el último cilindro de zinc, que forma uno de los dos polos, en su vaso correspondiente de arcilla lleno de agua acidulada. La extremidad del otro conductor estaba ya en comunicacion con el cerco de cobre del primer elemento de la pila.

De los hornillos compasados no voló mas que uno: en el segundo se había roto el alambre de platino. En el hornillo de debajo del agua correspondió el resultado, y en el último que llevaba alambres dobles hubo que aproximar la pila 16 varas mas y entonces se verificó la explosion.

El aparato en estas primeras pruebas no estaba completo en todas sus partes; así es que se han reconocido diferentes causas de error que habrán influido necesariamente en el re-

sultado de los ensayos anteriores. Para evitarlas en otros casos semejantes, creemos no estará de mas repetir las prevenciones siguientes:

1^a Asegurar bien las extremidades de los conductores, armadas del pequeño alambre que debe inflamar la pólvora, clavándolas contra el fondo ó costados de la caja para impedir absolutamente su juego; y la ruptura consiguiente del hilo.

2^a Hacer que la distancia de los polos franqueada por el alambre de inflamacion sea muy corta, de tres ó cuatro líneas lo mas, haciéndose menor todavía á proporeion que las distancias á que hayan de colocarse los hornillos sean mas considerables.

3^a Embrear ó cubrir de cualquier otro baño aislante los pedazos de madera, cuerda, &c., ó lo que sirva para conservar el paralelismo de los conductores.

4^a Establecer bien el contacto entre las extremidades de los trozos de conductor que se unen. Para evitar este inconveniente hemos adoptado últimamente el unir dichas extremidades, dobladas dos veces sobre sí mismas, con dos pequeños clavos de cobre remachados, lo que es incomparablemente mas ventajoso (segun experiencias practicadas al efecto) que emplear la soldadura ordinaria de laton.

En los intervalos de cada experiencia debe quitarse la comunicacion entre los elementos de la pila. Los líquidos excitantes pueden servir repetidas veces; el agua acidulada en caso puede renovarse.

No deben sin embargo mirarse como concluidas estas experiencias. Creemos por el contrario que la adopcion definitiva del nuevo procedimiento deba ser precedida de ensayos numerosos, en que se hagan varias las circunstancias y disposicion del aparato.

El empleo casi general que se hace en el dia de la pila de *Bunsen* para estas investigaciones debe al parecer garantizar la probabilidad de sus ventajas en la aplicacion militar que nos ocupa; sin embargo, si bien estas son indisputables respecto á las circunstancias de su energía, nos parece que sin

las modificaciones propias para hacer de este aparato un instrumento militar con el uso á que se le destina , será forzoso reconocer en él algunos inconvenientes , por ejemplo , las muchas partes distintas de que se compone , frágiles y de difícil transporte ; el cuidado excesivo y minucioso para su limpieza y uso ; el empleo costoso de los ácidos , y la necesidad de reemplazar con alguna frecuencia los cilindros de zinc amalgamado.

Séanos permitido decir sin embargo que los inconvenientes de este aparato , como de los demas que se puedan emplear para este objeto , nada quitan á la excelencia del procedimiento general , cuyas ventajas , no solo se refieren á la aplicacion material , sino principalmente aun á las variaciones económicas y útiles que naturalmente introduce en el sistema de las minas defensivas.

Por lo demas , partiendo siempre de los principios anteriormente expuestos , creemos que la eleccion del aparato no pueda causar embarazo alguno á ningun Oficial del arma que en las circunstancias eventuales de la guerra esté en el caso de poner en práctica el nuevo procedimiento. Siempre se obtendrán resultados interesantes empleando un aparato electromotor , si no tan perfeccionado como los que hemos descrito cuando circunstancias urgentes obliguen á ello , que sin embargo se aproxime , ó en último caso se reduzca simplemente á una plancha de zinc , que se disuelva en un líquido acidulado y á otra metálica tambien , sea de cobre ó platinada , que recoja la electricidad de la disolucion. Modificando y perfeccionando este aparato segun el tiempo y los medios que se tengan á mano lo permitan , podrá en nuestro concepto suplirse en casos extraordinarios á otros aparatos mas perfectos , para no privarse de las ventajas consiguientes á un procedimiento que tanto realizaria el conjunto de medios combinados é ingeniosos que un Oficial de Ingenieros puede poner en práctica en la defensa de una plaza ó punto fortificado.

FIN.

