

los cálculos hechos en la nota primera, y determinar fácilmente la duración de cada período, los diámetros de los compresores, etc.

Véase para completar este punto la memoria ya citada de Mr. Saint-Robert.

## XI.

Los nuevos detalles que en las memorias ya indicadas hallamos se refieren principalmente á los compresores. Siguiendo el mismo orden que en la página 65, examinaremos sucesivamente:

- 1.º El sifon.
- 2.º Las válvulas.
- 3.º El mecanismo para poner en movimiento dichas válvulas.
- 4.º Las calderas ó depósitos.

**Sifon.** El tubo de cada compresor es de fundicion y está sólidamente apoyado sobre su base.

Su diámetro segun Mr. Comte y Mr. Devillez es 0,62 metros: segun Mr. Oppermann 0,60 (fig. 62.)

El diámetro del tubo que pone en comunicacion la válvula de admision de aire con la caldera es 0,40 metros.

La altura de la válvula de admision de aire comprimido sobre la válvula de desagüe 4,50 metros.

La diferencia de nivel entre el agua del depósito que alimenta los compresores y la válvula inferior es:

Segun Mr. Conte y Mr. Saint-Robert. . . . . 25 metros.

Segun Mr. Oppermann y Mr. Devillez. . . . . 26 metros.

Segun otras noticias que tenemos á la vista. . . . . 24 metros.

Las demas dimensiones pueden verse en la fig. 62.

**Válvulas.** La válvula de admision es la ya descrita en la página 66.

El tubo, segun parece, presenta un ensanche cilíndrico, contra lo que creimos recordar, y en él se halla colocada dicha válvula.

Mr. Comte es el que la describe mas detalladamente, y de su memoria tomamos las siguientes noticias:

La válvula propiamente dicha (fig. 62) está formada de un cilindro de latón  $ab a'b'$ , que desliza en el interior de otro cilindro  $ABA'B'$ , y en cuya parte superior se han practicado 6 aberturas rectangulares  $d d'$  etc. para dar paso al agua. El cilindro  $AA' BB'$  está unido á la envolvente  $E E'$  por seis planos divisorios que afectan la forma  $A E C B a f A$ .

Todo el espacio  $D$  está constantemente lleno de agua y en el extremo  $C$  hay practicado un pequeño orificio, por donde el agua corre constantemente, para evitar cualquier depósito que pudiera formarse. Esta disposicion es necesaria para que cada vez que sube la válvula no sea preciso vencer el peso de una columna de 26 metros de altura.

El espacio  $aa'$  está cerrado por una superficie curva  $fg, f'g'$  que conduce sin remanso el agua á las aberturas  $d d'$ . Dicha superficie es fija y continua, y no presenta mas huecos que los necesarios para dar paso á la varilla  $h h'$  y al cilindro  $ab a' b'$  que forma la válvula.

La base anular  $bb'$ , sobre la cual se apoya la válvula al caer, está cubierta de caoutchouc para amortiguar el choque, y su espesor es de 0,05 segun Mr. Devillez.

A fin de que la válvula caiga instantáneamente, y aun cuando su peso es considerable, se ha terminado su varilla  $h h'$  por un émbolo que desliza en un cuerpo de bomba  $L$ , en el cuál se introduce aire comprimido á 6 atmósferas. La presion efectiva de 5 atmósferas del aire se agrega al peso de la válvula y la hace bajar con extraordinaria rapidez.

La parte superior del cilindro  $L$  está constantemente en comunicacion con el depósito de aire comprimido por un tubo  $l$  de 0,05 de diámetro. La parte inferior comunica con la atmósfera.

El diámetro del cilindro  $L$  es 0,15.

Esta válvula marcha con toda regularidad aun cuando el agua no esté perfectamente clara.

La válvula de desagüe  $D$  es de una construccion análoga á

la anterior é idéntica en el fondo á la descrita en la página 67.

La válvula de admision de aire comprimido F consiste en un disco de cobre G que se apoya sobre una base circular perfectamente alisada, y que está guiado en su movimiento por una especie de envolvente cilíndrica MM' con grandes aberturas rectangulares.

Por último, la válvula de admision de aire es una simple placa giratoria. En un principio se colocó en N; pero mientras la columna líquida bajaba de G á N se formaba una especie de vacío en la parte superior del tubo, el cual retardaba el desagüe; por esta razon se unió al orificio N un tubo que termina próximamente en G, y en su extremo se ha colocado la placa que constituye la válvula propiamente dicha.

**Mecanismo para poner en movimiento las válvulas.** Para completar lo dicho en las páginas 67 y 68 tomamos los siguientes detalles de la obra de Mr. Devillez.

La fig. 49 representa el mecanismo que sirve para poner en movimiento las válvulas, el cual es idéntico al descrito en las figuras 17 y 21, á escepcion de algunas piezas no representadas en estas últimas figuras, y que son las siguientes:

La máquina de aire comprimido V que comunica el movimiento de rotacion al eje horizontal  $o$ .

El gancho ó pequeña palanca E' unida al valancin  $ff'$  y que es giratorio al rededor de  $f'$ . Un resorte le sostiene en la posicion E' de la cual no puede bajar; pero cuando al caer el valancin encuentra el extremo E de la palanca HE gira en el sentido de la flecha  $e$  y sube oprimiendo á dicho resorte.

HE palanca giratoria al rededor de D: en el extremo superior lleva un gancho ó tope E que en ciertas posiciones del mecanismo sostiene al valancin  $ff'$  engranando, por decirlo así, con el gancho E'.

$hh'$  varilla que desliza en las guias fijas  $h, h'$ , y que está unida á la palanca HE: un resorte M, que por un extremo se apoya en  $h$ , y por el otro se une á la varilla, tiende á hacerla marchar de derecha á izquierda. El tope  $k$  la detiene al llegar á cierta posicion.

Finalmente,  $PQ P'$  palanca angular giratoria alrededor de  $Q$ , y cuyo extremo  $P$  se apoya contra el de la varilla  $h h'$ . El tope  $N$  unido á la varilla  $nn'$  de la válvula de desagüe hace girar á esta palanca en uno ú otro sentido segun explicáremos en breve.

Fácilmente se comprende la manera de funcionar de este mecanismo.

Quando el sector  $SS$  oprime al estribo  $GG$  el extremo  $f$  del valancin  $ff'$  sube, y la válvula  $A$  intercepa el paso del agua; al propio tiempo el extremo  $f'$  desciende, y el gancho  $E'$ , girando como indica la figura, cae bajo el tope  $E$ . En esta posicion queda sostenido el valancin aun cuando el sector  $SS$  abandone al estribo  $GG$ . Continuando el giro del eje  $o$ , el sector  $S' S'$  oprime al estribo  $G' G'$ , y levanta la válvula  $B$  de desagüe. Mientras este sector sostiene al estribo el agua sale por dicha válvula, mas desde el momento en que el desagüe termina, la válvula cae; el tope  $N$  hace girar en el sentido de la flecha  $q$  á la palanca  $PQ P'$ ; el extremo  $P$  de esta oprime la cabeza de la varilla  $h h'$ , la cual camina de izquierda á derecha, y girando el extremo  $E$  de la palanca  $HE$  en el sentido que indica la flecha  $e'$ , el gancho ó tope  $E$  abandona al  $E'$ , y la válvula  $A$  cae y descubre las aberturas rectangulares  $rr$ , por donde penetra rápidamente la columna líquida.

Quando el compresor principia á trabajar el depósito está lleno de aire á la presion atmosférica, y parece imposible, á primera vista, poner en movimiento la máquina de aire comprimido  $V$  que ha de actuar sobre las válvulas. Sin embargo, basta para obtener aire á 6 atmósferas, que sirva de motor inicial, abrir la llave del tubo de presion  $fg$  (fig. 22.) El agua del depósito superior  $D$  se precipitará en la caldera y comprimirá el aire en ella contenido hasta reducirlo á 6 atmósferas.

**Depósitos de aire comprimido.** Las calderas en que se condensa el aire son en número de diez, correspondiendo una á cada compresor: estan formadas de planchas de palastro de 0,015 metros de espesor, y cubiertas interiormente por una capa de alquitran (*goudron* mineral de Suecia): su diámetro inte-

rior es 1,50 metros y su longitud 9,50 metros : la capacidad de cada una es de 17 metros , y por lo tanto, en cada extremo del túnel hay constantemente de reserva 170 metros cúbicos á la presión de 6 atmósferas , ó sean 1020 metros cúbicos á la presión atmosférica.

En la parte inferior del tubo que pone en comunicacion la válvula F (fig. 62) con la caldera ó depósito R , se ha fijado un pequeño depósito  $r'$  con un tubo indicador para recoger el agua que penetra por dicha válvula F.

Cada caldera lleva asimismo un tubo indicador  $r$  para conocer la altura del agua en el interior.

De cada depósito sale un grueso tubo S que termina en un conducto T , el cual corre bajo las calderas : á este conducto se une el tubo de presión  $fg$  (fig. 22). De la parte superior sale otro tubo V (fig. 62) de 0,05 metros de diámetro y un metro de longitud que termina en uno de 0,12 metros de diámetro y 24 metros de desarrollo. De este último parte el tubo de 0,20 metros que conduce el aire comprimido al túnel. Según indica Mr. Devillez los tubos de 0,05 de diámetro que ponen en comunicacion las calderas con el tubo intermedio de 0,12 , se sustituirán probablemente por otros de mayor diámetro , y el de 0,12 se suprimirá , haciendo para ello que terminen directamente los 10 tubos V en el conducto principal de 0,20 metros. De este modo se reducirá la pérdida de presión, la cual aun hoy mismo es insignificante.

## XII.

**Tubos de conduccion del aire comprimido.** Los tubos que conducen el aire comprimido al fondo del túnel son de fundicion , de 0,20 metros de diámetro interior , 0,02 de espesor , y su longitud varía de 2 á 3 metros.

Las figuras 66 y 67 representan el sistema empleado para las uniones.

En el extremo de cada tubo hay practicada una ranura ó garganta circular A B , fig. 67 , y entre cada dos ranuras se co-

loca una especie de cuerda de caout-chouc de 0,01 metros de diámetro, la cual es oprimida fuertemente por medio de pasadores que atraviesan los rebordes C D, en que terminan los tubos.

La fig. 66 representa la union completa de dos tubos.

Este sistema ha dado hasta ahora excelentes resultados, y ofrece la ventaja de poder armar y desarmar las uniones con gran rapidez; mas queda la duda de si el caout-chouc conservará por mucho tiempo su elasticidad bajo la gran presion á que está sometido.

Como la longitud de la cañería es considerable, para prevenir las alteraciones que la temperatura pudiera ocasionar, se han establecido de trecho en trecho puntos fijos por medio de tirantes, que se introducen en macizos de mampostería contruidos entre cada dos pilares consecutivos, (fig. 70).

Desde los compresores hasta las bocas del túnel el tubo insiste sobre pilares de fábrica de 2,5 metros de altura y distantes unos de otros 6,80 metros, y en el exterior de este sobre apoyos ó palomillas de hierro. A poca distancia del fondo se encorva y corre en una especie de rebajo ó hueco practicado en la roca: de este conducto parten los tubos flexibles de caout-chouc que conducen el aire á los perforadores.

Para que las dilataciones ó contracciones producidas por la variacion de temperatura puedan trasmitirse libremente entre cada dos puntos fijos, el tubo de aire comprimido corre sobre pequeños rodillos R (fig. 67.)

Con este mismo objeto se han establecido de trecho en trecho varias *juntas de enchufe ó de dilatacion*, figs. 68 y 69.

La primera de estas figuras está tomada de la memoria de Mr. Oppermann, la segunda de la ya citada de Mr. Comte.

A y B representan (fig. 69) los dos tubos que han de unirse, uno de los cuales presenta un ensanche DD, en el que penetra el extremo del tubo A.

Contra el borde del tubo B y por medio de una placa anular *c d* fuertemente atornillada, se fija un cuero *a b a' b'* engrasado con sebo, el cual en razon á su elasticidad y á la presion inte-

rior del aire rodea y oprime el extremo del tubo A, sin impedir por esto que deslice libremente en uno ú otro sentido.

En cada tubo se ha dejado el *boton* correspondiente al punto por donde entró la fundicion en el molde, á fin de talarlo si fuere preciso para hacer una toma de aire.

Actualmente, segun Mr. Comte, cerrados los tubos de conduccion y *puestos en presion* no pierden en 24 horas 0,2 de atmósfera.

Mientras el aire comprimido corre por la cañería, la pérdida de presion entre los depósitos y el extremo, ó sea en 1.400 metros de longitud, no llega á 0,1 de atmósfera.

### XIII.

**LADO DE MODANE.** Cuando visitamos el túnel de los Alpes las obras apenas habian comenzado en Modane, y por consiguiente solo pudimos hacer las ligeras indicaciones de la página 72.

Posteriormente, y cuando ya habian comenzado los trabajos empleando un sistema análogo para la compresion del aire al usado en el extremo de Bardoneche, se varió de plan, sustituyendo á los compresores de choque, otros que describirémos en breve, y que son indudablemente preferibles á los primeros para este punto, por las circunstancias especiales de la localidad.

**Compresores.** En la parte de Modane se dispone de una fuerza hidráulica considerable. El rio Arc lleva, en efecto, una masa de agua muy superior á la que exigen los aparatos de compresion; pero la caida es pequeña, y es por lo tanto difícil el establecimiento de los compresores de choque empleados en Bardoneche.

Para vencer esta dificultad, hé aquí el sistema que en un principio se eligió, y aun se comenzó á realizar. Se derivó del Arc una masa de 6 metros cúbicos por segundo, con una caida de 5,60 metros, y con esta fuerza se pusieron en movimiento varias ruedas hidráulicas, las que á su vez actuando sobre algunas bombas elevaban el agua á un depósito situado á 25 me-

tros sobre la válvula de desagüe de los compresores. El resto del mecanismo no difiere esencialmente del establecido en Bardoneche (pág. 72.)

Bajo el punto de vista teórico esta disposición es á todas luces viciosa: elevar una masa de agua para que esta á su vez actúe como motor, es, por decirlo así, dar un rodeo y perder en sistemas intermedios una parte de la fuerza motriz.

Sin embargo, Mr. Comte da las siguientes esplicaciones que tienen indudablemente gran fuerza.

«Cuando comenzaron los trabajos en Fourneaux ya algunos compresores de choque habian sido montados en Bardoneche, y daban excelentes resultados. Por otra parte, no se conocia ningun sistema de bombas capaz de comprimir masas tan considerables de aire á presiones tan elevadas, y como el tiempo apremiaba, y no podía esperarse al resultado, incierto aun, de un nuevo compresor directo, se resolvió emplear un sistema conocido y seguro, dudando tanto menos al tomar esta resolución, cuanto el Arc daba fuerza motriz de sobra y no habia para qué economizarla.»

Entre tanto Mr. Sommeilleur terminó sus estudios sobre los compresores de bomba, y hoy trabajan unos y otros compresores, aun cuando la sencillez y la economía parecen dar la preferencia á los segundos.

*Compresores de choque.* Los siguientes detalles están tomados de la memoria de Mr. Oppermann.

El sistema de compresion se compone de dos partes distintas.

- 1.º Las ruedas hidráulicas y las bombas para elevar el agua.
- 2.º Los compresores propiamente dichos análogos en un todo á los empleados en Bardoneche.

Á fin de obtener una caída de agua suficiente para el movimiento de las ruedas hidráulicas, se ha construido un canal de derivacion de 400 á 500 metros de longitud, que toma de 5 á 6 metros cúbicos del rio Arc, y en cuyo extremo hay una caída de 6 metros.

Esta masa de agua pone en movimiento 4 ruedas hidráulicas,

cada una de las que ponen en movimiento á su vez, dos bombas que elevan el agua á un depósito, desde donde penetra en los compresores de choque.

Las figuras 63, 64 y 65 representan esta disposicion.

(Fig. 63) A A' canal de derivacion.

B, B', B'', B''' cuatro ruedas hidráulicas puestas en movimiento por el agua del canal A A'.

C, D; C', D'; C'', D''; C''', D''' bombas para elevar el agua: cada rueda hidráulica, B por ejemplo, pone en movimiento dos bombas C, D.

E E' depósito cilíndrico en que penetra directamente el agua de las bombas, y sirve para regularizar la alimentacion del depósito superior.

F, F', F'', F''' cuatro tubos que parten del depósito inferior E E' y conducen el agua al depósito descubierto A A' (fig. 64.)

(Fig. 64) A A' depósito superior situado á 25 metros sobre la válvula de desagüe de los compresores.

Este depósito se apoya sobre 14 tubos a, a', a'', a''', B, B', B''..... que figuran otras tantas columnas. Por las cuatro primeras llega el agua impelida por las bombas; por los diez restantes cae en los compresores.

La figura 65 indica una proyeccion de dicho depósito A A'.

a a' columna hueca por la cual pasa el agua al depósito.

b b' conducto de salida.

c d enrejados para consolidar el sistema.

(Fig. 64.) N N N' N' casa de los compresores

C E; C' E'; C'' E''..... compresores.

C válvula de admision.

D válvula de desagüe.

E válvula de inyeccion en el depósito de aire comprimido

F G; F' G'; F'' G''.... calderas ó depósitos de aire comprimido.

H; H'; H''.... tubos de 0,05 metros de diámetro y 1 metro de longitud que terminan en un tubo L L' de 0,12 metros de diámetro,

L L' tubo de que parte la cañería de conduccion M M'.

M M' cañería que conduce el aire comprimido al túnel.

*ll'* tubo que pone en comunicacion los depósitos G F, G' F',... y al cual se une el tubo de presion.

*Bombas de agua.* Las figuras 72 y 73 representan las proyecciones de una de estas bombas.

(Figs. 72 y 73.) AA; A' A' rueda hidráulica que recibe directamente la accion del agua. Dichas ruedas hidráulicas son de madera: los ejes y las armaduras de las paletas, de hierro; el diámetro exterior de la rueda es de 5,60 metros: el diámetro entre las llantas 4 metros: la velocidad de rotacion varia de 1,40 á 1,50 metros.

*ff'*... disco unido al eje de la rueda AA, y al cual se une la biela de las bombas. Cada disco lleva cinco pequeños ejes *f*, *f'*, *f''*, *f'''*, *f''''*, cuyas distancias al eje central varían de 1,25 á 1,50 metros. Se une la biela á uno ú otro segun lo exige la marcha de las bombas:

*aa*, *a' a'* biela que comunica el movimiento á las bombas.

*bb*, *b' b'* varilla del émbolo.

BB, B' B' bombas de agua: su diámetro es de 0,60 metros.

E tubo de absorcion.

C tubo que conduce el agua á las dos válvulas de admision: en la figura solo se ha representado una de ellas. Su diámetro interior es 0,55 metros.

*c c'* válvulas de absorcion.

*d d'* válvulas de inyeccion.

D tubo que conduce el agua al depósito F; su diámetro es de 0,55 metros. Las bombas de agua son, como se observa en la figura, de doble efecto; cuando el émbolo camina de izquierda á derecha, la válvula *c* se cierra por la presion interior del agua, la válvula *d* se levanta, y el agua que llena el cuerpo de bomba penetra en el tubo D, y de él pasa al depósito F, y al depósito superior. Al propio tiempo se abre la válvula de admision *c'*, y el agua del depósito inferior E llena el cuerpo de bomba. Efectos análogos se verifican al retroceder el émbolo.

F depósito que recibe el agua de las bombas y que comunica con el depósito superior A A' (fig. 64.) Dicho depósito E es

de fundición y tiene un diámetro de 1,60 metros y una longitud de 54 metros.

Posteriormente al establecimiento de cuatro ruedas hidráulicas, terminó Mr. Sommeilleur el proyecto de nuevas bombas para la compresión directa del aire, y hoy se emplea un sistema misto, trabajando á la vez las bombas de agua y las bombas de aire.

La figura 65 indica esta disposición general.

Las cuatro ruedas hidráulicas B, B', B'', B''' ponen en movimiento las bombas C, D, C', D', etc.

Las dos ruedas H, H' transmiten su acción á las bombas de aire L, M, L', M'.

**Bombas de aire.** El principio en que se funda este nuevo mecanismo es en extremo sencillo. Puede decirse que es una bomba ordinaria de condensacion en que el émbolo es una columna de agua.

Sean, (fig. 74) BC un cuerpo de bomba:

P un émbolo de movimiento alternativo, cuya varilla *a b* recibe, por el intermedio de una biela, la acción de un receptor hidráulico cualquiera:

A B, C D dos conductos verticales en cuya parte superior hay dos válvulas A, D de admision de aire, que se abren de fuera á dentro:

R un depósito regulador de aire comprimido puesto en comunicacion por el tubo *cd* con otro depósito de agua H. La columna de agua *cd* mantiene al aire del depósito R á una presion constante.

E, F, dos válvulas para la admision del aire comprimido; se abren hácia el interior del depósito.

El aire pasa directamente del depósito R á los grandes depósitos de aire comprimido.

Veamos ahora como funciona el mecanismo.

Supongamos sumergido el émbolo por uno y otro lado en

una columna de agua  $B' B C C'$ : cuando camine de izquierda á derecha, por ejemplo, la columna de agua  $CC'$  subirá comprimiendo al aire contenido en la rama  $C' F$ : la presión interior mantendrá cerrada la válvula  $D$ , y cuando dicha presión llegue á ser algo mayor que la del aire contenido en  $R$  se abrirá la válvula  $F$  y pasará el aire, empujado siempre por la columna  $C C'$ , al interior de dicho depósito. Quizá la columna suba demasiado, y una parte del agua caiga en el fondo de la capacidad  $R$ ; hé aquí por qué es necesario reponer lenta pero continuamente la masa de agua  $C C'$ .

Mientras en la rama  $C C'$  sube el agua, baja el nivel  $B'$  en la  $B B'$  haciendo el vacío en el interior del tubo  $B' A$ : la presión atmosférica abre la válvula  $A$ , el aire penetra en el tubo, y al retroceder el émbolo, es condensado y arrojado al depósito  $R$ , mientras penetra una nueva masa de aire en el tubo  $C' D$ .

Tal es la teoría de las bombas de aire comprimido.

Las figuras 75, 76 y 77 representan en sus detalles dos bombas puestas en movimiento por una rueda hidráulica.  $A A'$  rueda hidráulica que trasmite la acción del agua á las bombas.

$a a, a' a'$  biela de trasmisión.

$b b, b' b'$  varilla del émbolo.

$D D'$  émbolo.

$B B B' B'$  cuerpo de bomba.

$C C, C', C'$  cilindros verticales en que oscila la columna líquida y en que se verifica la compresión del aire.

$E$  válvula de admisión de aire: para facilitar su movimiento está equilibrada por un contrapeso  $f, f' f'$ .

$e e$  especie de vaso lleno de agua en que está sumergida la válvula  $E$  de admisión de aire atmosférico: este vaso ó capacidad tiene un doble objeto: interceptar por completo la comunicación con la atmósfera de la rama  $C C'$  en el periodo de compresión, y además servir de conducto para la inyección, en dicha rama, del agua que ha de sustituir á la que pierda la masa líquida oscilante.

$G G$  capacidad llena de agua que comunica con la válvula  $E$ :

dicha capacidad está dividida en dos por un filtro ó tela metálica  $g g g' g'$ .

**H** válvula de admision de aire comprimido recubierta por una capa de agua.

**h h' h'** tubo que conduce el aire comprimido al depurador **L**.

Entre cada dos bombas, figuras 75, 76, 77 y 78, hay un depurador **L**, al cual llega por los tubos  $h h' h'$  el aire comprimido.

Cada depurador, fig. 78, se compone de una capacidad **AB** á que llega el aire comprimido por los tubos  $a b, a b$ : de un flotador **C** guiado en su movimiento por la varilla  $c' c'$ , cuya parte inferior termina en una válvula  $c$ ; y finalmente de un vaso **DD** lleno de agua.

Una parte de la columna líquida oscilante penetra en cada oscilacion ascendente al través de la válvula **H** (fig. 75) en el tubo  $h h$ , y arrastrada por el aire llega hasta la capacidad **AB** (fig. 78.)

En el interior de esta capacidad se separan el aire y el agua, saliendo el primero por un tubo superior que termina en las calderas de aire comprimido, y cayendo el agua en la parte inferior **B**. Cuando el nivel del líquido llega á cierta altura, el flotador se eleva, la válvula  $c$  se abre, y el agua, oprimida por el aire contenido en **A**, sube por el tubo  $ef \dots e' f'$  hasta el vaso **DD**.

Esta misma agua, figuras 75, 76, 77 y 78, sale por los tubos  $ll, ll'$  y alimenta el vaso **GG**, de donde cae á la válvula **E**.

La misma masa de agua, salvas las pérdidas por evaporacion, recorre todo el aparato: del depósito **GG** al vaso  $e e$  de la válvula **E**; de este á la columna oscilante; de la columna oscilante al depurador; y por último, del depurador al depósito **GG**.

La capa de agua que cubre el orificio de la válvula **E** tiene 2 centímetros de espesor.

El émbolo efectúa ocho oscilaciones por minuto.

Su carrera es 1,20 metros, y el diámetro del cuerpo de bomba 0,57.

El volúmen comprimido en cada oscilacion completa es 0,61, ó sean 4,88 metros cúbicos por minuto, y 7027 metros cúbicos en 24 horas: es decir, casi tanto como los compresores de choque, marchando á razon de 4 oscilaciones por minuto.

*Efecto útil.* Mr. Comte calcula del siguiente modo el efecto útil de los compresores.

Masa de agua que cae sobre la rueda hidráulica en un segundo. . . . .	4,00 metro cúbico.
Altura de la caída. . . . .	5,6 metros.
Trabajo motor de la caída de agua. . . . .	5600 $\text{km}^m$ .
Coefficiente de efecto útil de la rueda. . . . .	0,75.
Trabajo recogido por el receptor. . . . .	$5600 \times 75 = 4200 \text{km}^m$ .
Trabajo de la caída en un minuto. . . . .	336000 $\text{km}^m$ .
Id. recogido por la rueda. . . . .	252000 $\text{km}^m$ .

Fórmula del trabajo necesario para la compression del aire en cada semi-oscilacion:

$$p \cdot v \log. \text{hip.} \frac{P}{p} \quad (\text{pág. } 34).$$

Poniendo por  $p$ ,  $v$  y  $P$  sus valores,

$$p = 10350,$$

$$v = 0,506,$$

$$P = 7 \times p, \text{ tendrémolos:}$$

trabajo necesario para la compression del aire en cada semi-oscilacion =

$$10350 \times 0,506 \times \log. \text{hip. } 7 = 6151 \text{km}^m;$$

y por 8 oscilaciones,

$$6151 \times 16 = 98416 \text{km}^m.$$

Finalmente,

trabajo necesario para la compression del aire en 1 minuto por cada dos bombas movidas por la misma rueda: 196852.

De donde se deduce;

$$\text{Coefficiente de efecto útil relativo á la caída de agua. . . . .} \frac{192852}{356000} = 0,59$$

$$\text{Id. relativo á la rueda hidráulica. . . . .} \frac{192852}{252000} = 0,78$$

Mr. Devillez obtiene para este último coeficiente, segun experiencias hechas en Seraing. . . 0,775,

y entra en detalles sumamente interesantes sobre los medios de regularizar la velocidad de los émbolos.

Se deduce de lo espuesto este interesante dato:

Seis compresores de bomba pueden comprimir en 24 horas 42.162 metros cúbicos de aire, reduciéndolos á 7.027 metros cúbicos.

*Plano inclinado automotor.* De la memoria de Mr. Oppermann tomamos la siguiente descripción:

«Además de los dos edificios en que se hallan los compresores, las ruedas hidráulicas y las bombas, se han establecido cerca de Modane, como en Bardoneche, varias otras construcciones: talleres, oficinas, habitaciones para los Ingenieros, casas de obreros, etc., etc. Para establecer una comunicación directa entre los trabajos del túnel, que se halla á 105 metros sobre los talleres, edificios, etc. y estos, se ha construido, en la vertiente de la montaña, un plano inclinado automotor de 25° á 28° de inclinación (figs. 71 y 71' .)

«Las dos vías A conducen de los talleres al pié de la rampa, y están interrumpidas por un muro BB. Las vías C C de la rampa terminan al pié de dicho muro BB, en *c*, á 2,20 metros próximamente bajo el nivel de las vías A A, y corren en una longitud de 240 metros hasta la parte superior *c' c'* del plano inclinado, en donde comienzan las dos vías DD que conducen al túnel, situadas á 1,10 metros sobre el extremo superior de las vías C C. A las dos estremidades de un cable *ee*, — que en la parte superior de la rampa se arrolla sobre una polea H de tres metros de diámetro, — están sujetos dos wagones EE' de hierro, formando una capacidad que puede llenarse de agua, y cuya parte superior *gg g'g'* queda constantemente horizontal. Estos dos wagones corren sobre las vías C C de la rampa.

«Supongamos que un wagon ó carro cargado en uno de los talleres ó depósitos con herramientas, materiales, etc., llega al pié de la rampa. Para elevarlo al túnel se desagua uno de los wagones E ó E', el E por ejemplo, y se le deja descender hasta que su plataforma *g g* quede á nivel de la vía A, y se

»corre sobre dicha plataforma el wagon cargado. El wagon E' se hallará en la parte superior de la rampa, y basta llenarlo de agua, para que, sirviendo de fuerza motriz, caiga y eleve al propio tiempo al E con el wagon cargado. Cuando la plataforma *g g* esté al nivel DD, podrá entrar dicho wagon en la vía DD y ser llevado al túnel.

»Para bajar por la rampa un wagon cargado, el wagon lleno de agua sirve de contrapeso.

»Las cajas de los wagones E, E', son de palastro con aberturas convenientemente dispuestas para la entrada y salida del agua: su capacidad es de 4 metros cúbicos.

»Los cables tienen 0,05 metros de diámetro y están sostenidos de 8 en 8 metros por poleas *p, p* de fundicion.»

#### XIV.

Ademas del sistema de Mr. Mauss, el conocido y reputado ingeniero francés Mr. Oudry ha combinado, segun nuestras noticias, otro mecanismo, por cuyo medio no es necesario el empleo de la pólvora. Grandes discos provistos de diferentes útiles, segun la dureza de la roca, y animados de un rápido movimiento de giro, son los verdaderos aparatos de perforacion. Carecemos de noticias para entrar en la descripcion detallada de este proyecto.

#### XV.

*Descripcion del primer tipo de perforadores.* El primer tipo de los perforadores de Mont-Cénis es idéntico, salvo diferencias de detalle, al ya descrito en las páginas 81 y siguientes. Basta para convencerse de ello comparar las figuras 52, 53, 54, 55, 56 y 57 á las 60 y 61 que representan el perforador de Mr. Sommeilleur, segun la descripcion de Mr. Comte, Mr. Devillez, etc. y en las que las mismas letras representan órganos idénticos del aparato.

Nos limitaremos por lo tanto, sin entrar en nuevas esplicaciones, á señalar las diferencias de detalle.

Hé aquí los órganos ó piezas de que se compone el mecanismo.

*c c'* cilindro de una máquina de aire comprimido unida invariablemente al bastidor que sostiene todo el mecanismo.

*b b'* caja de distribucion del aire comprimido.

*e* escéntrico para la distribucion.

**XX** volantes.

**E** engranage de ángulo que trasmite la accion de dicha máquina al resto del aparato.

Esta máquina fija tiene por objeto: 1.º, hacer avanzar al útil: 2.º, distribuir el aire comprimido en el cilindro móvil: 3.º, regularizar la marcha del aparato; 4.º, comunicar al útil siempre que sea necesario un movimiento de retroceso.

*q q'* eje de seccion cuadrada sujeto tan solo al movimiento de rotacion que recibe del engranage **E**. Hemos supuesto, (página 90) por la diferente disposicion que dimos á otras piezas del mecanismo, que estaba compuesto dicho eje de dos partes: una cilíndrica, otra cuadrangular; sin embargo, la combinacion que ahora describimos es mucho mas sencilla, y por lo tanto preferible á la primera.

**Q** rueda montada sobre el eje *q q'* y que sirve, segun lo dicho en la página 89, para el movimiento de retroceso.

**S, S'** ruedas que transmiten al aparato la accion de la rueda **Q** cuando se hace avanzar á esta última hasta que engrane con la rueda **S**.

Supusimos, páginas 89 y 90, que una sola rueda **S** recibia la accion de la rueda **Q**, y la misma hipótesis hace Mr. Devillez; sin embargo, Mr. Comte y Mr. Armengaud, así como Mr. Oppermann, suponen que hay dos ruedecillas **S, S'**.

**P: p p'** escéntrico que trasmite el movimiento de rotacion del eje *q q'* á la rueda **DD'**, y por el intermedio de esta al eje **AA'**.

Partimos en la página 81 y siguientes de la hipótesis de que el escéntrico **P** y la rueda **DD'**, así como la rueda **S**, no te-

nian movimiento de traslacion , y por esta causa nos fué necesario componer el eje  $q q'$  de dos partes , y transmitir el movimiento de la rueda  $DD'$  al eje  $AA'$ , á medida que este avanzaba, por la varilla cuadrada  $d d'$ . En el perforador de Mr. Sommeilleur el escéntrico  $P$  avanza corriendo como un anillo sobre el eje  $q q'$ , y es arrastrado por la parte inferior del mecanismo en que se apoya. Las ruedas  $S, S'$ , y la rueda de trasmision  $DD'$ , avanzan igualmente con el cilindro motor  $CC'$ .  
 $R R'$  resorte que apoyándose en la parte  $L$  empuja á la rueda  $N$  contra la rueda  $F F'$ .  
 $m$  rebajo anular en que tiene su punto de apoyo el extremo de la palanca  $a a'$ . La rueda  $N$  puede girar libremente sin arrastrar en su movimiento de rotacion á la palanca; pero el extremo de esta queda siempre en dicho hueco anular.

Una disposicion análoga supusimos (fig. 55) para la union de la palanca y de la rueda  $N$ .  
 $NN'$  rueda á la cual comunica directamente un movimiento continuo de rotacion la  $D D'$ .  
 $n n$  pequeños dientes laterales en que termina la rueda  $N$ , y que, cuando avanza oprimida por el resorte  $R$  hácia la rueda  $F$ , penetran en igual número de huecos  $n' n'$  que lleva esta última.

Esta disposicion es exactamente igual en su esencia á la representada en la fig. 53, aunque el número de dientes es mayor en esta que en la fig. 60 y estan ocultos en el interior del macizo de la rueda  $F$ .

$FF$  rueda de dientes helizoidales que engrana con las cremalleras  $G G, G' G'$ , y que comunica un movimiento longitudinal de avance á toda la parte móvil. Dicha rueda  $FF$  es loca sobre el eje  $AA'$ .

$CC'$  cilindro motor.

$KK'$  caja de distribucion del cilindro motor.

$k$  corredera para la distribucion del aire comprimido.

$T T'$  rueda helizoidal á la que comunica un movimiento de rotacion continuo el eje  $q q'$ , y que oprimiendo á la varilla  $k k'$  de la corredera la hace marchar de izquierda á derecha.

Esta rueda se halla unida y formando cuerpo con el escéntrico P en el perforador de Mr. Sommeilleur. Nosotros supusimos que el escéntrico no tenia movimiento de traslacion y se hallaba unido á la parte cilíndrica del eje  $q q'$ , al paso que la rueda T avanzaba con el cilindro motor y estaba al efecto montada en la parte rectangular de dicho eje  $q q'$ . La rueda AA' eje al cual comunica un movimiento continuo de rotacion la rueda DD', y que penetrando en el émbolo E, al cual va unido el útil, le comunica dicho movimiento.

Como habíamos supuesto que la rueda DD' no tenia movimiento de traslacion, tuvimos necesidad de transmitir al eje AA' el movimiento de rotacion por la varilla cuadrada  $d d'$ , y de hacer hueco, á este fin, dicho eje AA': en el perforador de Mr. Sommeilleur la varilla  $d d'$  no existe, y el eje AA' es macizo, y por medio de una lengüeta trasmite al émbolo E el movimiento de rotacion de la rueda DD'.

El émbolo se halla constantemente segun digimos (pág. 145) entre dos capas de aire comprimido: la diferencia de áreas de las partes E y E' dan lugar á una diferencia de presion, en virtud de la cual avanza lanzando á la barrena contra la roca. La distribucion del aire se efectúa por los conductos y aberturas  $x y z, x' y' z'$ .

El aire comprimido llega á la caja de distribucion por el tubo Y, y de ella pasa por el conducto  $z'$  á la parte E del cilindro motor, y obra continuamente contra la superficie anular del émbolo: por las aberturas  $x' x$  pasa asi mismo á la parte opuesta del cilindro, oprime al émbolo y le hace avanzar de izquierda á derecha.

Quando la corredera cierra la abertura  $x$ , el rebajo ó hueco  $y'$  pone en comunicacion los conductos  $z$  é  $y$ , de los cuales el primero comunica con la atmósfera; el aire comprimido desaloja la parte E' del cilindro; y el aire que obra contra la cara opuesta del émbolo, le hace caminar de derecha á izquierda hasta su posicion inicial. El movimiento alternativo de la corredera se consigue por la rueda TT' y el resorte  $s$ . La palanca  $a a'$  compuesta de dos partes: la primera  $a a'$  uni-

da invariablemente al cilindro  $CC'$ , la segunda  $a' a''$  giratoria alrededor de  $a'$ : esta última descende cuando es oprimida por el tope  $H$  al avanzar el útil. Su objeto y su modo de funcionar quedan ya explicados en la pág. 87.

La teoría de este mecanismo está en un todo conforme con lo dicho en las páginas 74 y siguientes.

La distancia entre cada dos dientes inferiores  $g$  de las barras laterales es de . . . . .  $0^m, 04$

La escursión máxima del émbolo . . . . .  $0^m, 20$

El cilindro regulador tiene  $0^m, 06$  de diámetro y  $0^m, 1$  de carrera.

Las demás dimensiones del aparato pueden verse en las figuras 60 y 61.

Se ha dado al extremo de la barrena la forma de una  $Z$  y para abrir barrenos de gran diámetro se emplean, según monsieur Oppermann, útiles de la forma que indica la figura 59. Los primeros se usan para agujeros de  $0^m, 04$  de diámetro, los segundos (fig. 59) practican un agujero central de  $0^m, 04$  y lo ensanchan al propio tiempo hasta  $0^m, 09$ .

## XVI.

*Segundo tipo de perforadores.* En ninguna de las memorias anteriormente citadas hemos hallado la descripción del segundo tipo de perforadores; mas en la última exposición universal, celebrada en Londres, se presentó un dibujo de este segundo tipo, el cual pudimos copiar aunque muy á la ligera porque nos amenazaba de continuo la severa vigilancia de los policemans. La fig. (81) representa las partes principales del mecanismo: ni detalles ni explicación alguna acompañaban á este dibujo; más fácilmente se colige, teniendo presentes los principios generales expuestos en las páginas 74, etc, cual es el objeto de cada una de sus diferentes piezas. Creemos, pues, exacta la siguiente descripción, aun cuando debemos advertir que hecho el dibujo sin sujeción á escala, y tan solo para dar una idea del aparato, *hay notable desproporción entre sus di-*

*mensionen, sobre todo en el cilindro motor, respecto á las demás partes del mecanismo.*

El movimiento longitudinal alternativo de la barrena se consigue uniéndola al émbolo B del cilindro motor AA' en que entra el aire comprimido.

El movimiento continuo de rotacion se obtiene por la accion del cilindro motor CC' sobre el escéntrico D, el cual, por la biela  $d d'$ , por las palancas EE',  $e e'$ , y finalmente por el engranaje de ángulo F, hace girar al bástago  $bb'$  á que vá unido el útil S.

La distribucion del aire comprimido en los dos cilindros AA' y CC' se efectúa del modo siguiente: la varilla  $c$  y la biela  $c'$  comunican un movimiento continuo de rotacion al eje  $o$ : dos escéntricos montados sobre este eje, por medio de las palancas y varillas,  $a, a' a'', a'''$ , el primero; y  $b, b' b'', b'''$ , el segundo, comunican un movimiento alternativo á las correderas de ambos cilindros.

El extremo E' de la palanca EE' trasmite la accion del cilindro CC' al engranaje de ángulo H por la varilla  $ff'$ ; y la tuerca G, corriendo sobre el tornillo LL', arrastra consigo á todo el aparato, con lo cual se consigue el movimiento general de avance del cilindro motor.

El resorte  $r$ , la palanca  $h h'$ , cuyo extremo se apoya sobre los dientes de la barra NN', la palanca  $mm'$ , y el tope M unido al vástago  $bb'$ , forman un sistema regulador idéntico al descrito para el primer tipo.

## XVII.

*Carro de los perforadores.* La fig. 79 representa el carro en que van apoyados los perforadores y está tomada de la memoria de Mr. Comte.

La máquina de aire comprimido T sirve para poner en movimiento el mecanismo á lo largo de los carriles en que se apoya.

La bomba  $b$  puesta en movimiento tambien por el aire com-

primido, toma agua en los pozos que han sido abiertos en varios puntos del túnel, y alimenta los depósitos V'V''V''' de los cuales pasa el agua, oprimida por el aire, al pequeño depósito r. De este último salen los tubos que lanzan el agua á los agujeros de los barrenos.

r. Representa el depósito de aire comprimido que alimenta los perforadores.

El peso del carro es de 15 á 16 toneladas.

Comparando la fig. 79 á la 38, 39 y 40 en que las mismas piezas del aparato están representadas por iguales letras, se observa que no difiere esencialmente del descrito por nosotros en la página 96 y siguientes.

En los carros que Mr. Sommeilleur ha hecho construir recientemente, dice Mr. Comte, ha sustituido á las barras dentadas tornillos verticales, á cuyas tuercas se unen las barras horizontales que sostienen los perforadores: de este modo se facilitan de una manera notable todos los movimientos verticales.

*Efecto útil de los perforadores.* La carrera del cilindro motor, dice Mr. Devillez, sobre los largueros en que se apoya, no escede de 0<sup>m</sup>,75 á 0<sup>m</sup>,80, de suerte que con una sola barrena no pueden abrirse agujeros cuya profundidad esceda á este límite; sin embargo, empleando sucesivamente dos barrenas puede llegarse á mayores profundidades: por lo general varían entre 0<sup>m</sup>,75 y 0<sup>m</sup>,90.

En el lado de Bardoneche la carrera de los barrenos, ó sea la amplitud de su oscilacion, varía de 0,16 á 0,20 metros; el émbolo del cilindro regulador tiene 0,06 metros de diámetro y 0,06 de carrera; el émbolo del cilindro motor 0,065 metros, y su varilla 0,05 metros, de diámetro; por último, la tension del aire comprimido, en el pequeño depósito que alimenta los perforadores, varía de 4,5 á 4,7 atmósferas, ó como término medio, es de 4,6 atmósferas sobre la presion atmosférica, y el número de golpes por minuto es, término medio tambien, 250: (varía de 240 á 260.)

El volúmen de aire comprimido gastado en cada golpe de

barrena se compone del de *dos cilindros* de la máquina regulatriz, y *uno* próximamente de la máquina motriz. En efecto, aun cuando á primera vista pudiera creerse que el volúmen de aire gastado en el cilindro motor es inferior al de este en toda la parte que ocupa la varilla A A' (fig. 60) debe observarse que al avanzar el émbolo queda en hueco el espacio que llenaba dicha varilla, y que penetrando el aire entre ambas piezas se estiende libremente de una á otra.

Con los datos anteriores tenemos, pues :

Volúmen descrito por el émbolo de la máquina regulatriz;

$$= 0,06 \times \pi \frac{0,06^2}{4} = 0^{m^3},0001696.$$

Volúmen descrito por el émbolo de la máquina motriz :

$$= 0,18 \times \pi \frac{0,063^2}{4} = 0^{m^3},000598.$$

Volúmen gastado en cada golpe de barrena :

$$= 0,^{m^3}000598 + 2 \times 0,0001695 = 0^{m^3},000937 =$$

próximamente, á 1 litro de aire comprimido.

Dando la máquina 250 golpes por minuto, el volúmen de aire gastado será pues  $0^{m^3},001 \times 250$ .

Esta masa de aire actuando contra un émbolo sujeto á la contrapresion atmosférica, desarrollaria, en cada segundo de tiempo, un trabajo motor igual á

$$\frac{4^{at},6 \times 10333^{kil} \times 0^{m^3},001 \times 250}{60'' \times 75^{km}} = 2,64 \text{ caballos de vapor.}$$

Como esta masa de aire obra con su presion máxima, y sin aprovechar por lo tanto la expansion, fácilmente se prevee que la pérdida de fuerza motriz ha de ser considerable. En efecto, hemos visto, pág. 158, que para reducir á 5 atmósferas un volúmen de aire igual á  $1^{m^3},298$  á 1 atmósfera, es decir, para obtener  $\frac{1298}{6} = 126$  litros á 6 atmósferas, se necesitaba un tra-

bajo teórico igual á  $24031^{km}$ , y un trabajo efectivo igual á  $33748^{km}$ ; por lo tanto, para condensar 250 litros se necesitarán  $33748 \frac{250}{216} = 39060$  kilográmetros por minuto,

ó bien 8,08 caballos de vapor.

:

»Suponiendo, dice Mr. Devillez, que la tension del aire comprimido, en el cilindro motor, sea la misma que la del depósito que alimenta los perforadores, —lo que no es, sin embargo, completamente exacto, porque sin duda se pierde en el cilindro gran parte de dicha tension— la fuerza que actúa sobre la barrena será la debida á 4,6 atmósferas, por metro cuadrado, sobre una superficie igual á la diferencia que existe entre la total (un círculo de 0,065 de diámetro), y la superficie anular de la cara opuesta (cuyos diámetros son 0,065 y 0,05 metros): resultará pues ;

$$\text{fuerza motriz} = 4^{\text{at}},6 \times 10333^{\text{kil}} \times 0,785 \times 0,05^2 = 93^{\text{kil}},28.$$

»Esta fuerza se ejerce á lo largo del camino 0,18 metros, y como la masa lanzada contra la roca pesa término medio 18<sup>k</sup>, el choque será el mismo que el de una masa de 18<sup>k</sup> cayendo de una altura de 0,93 metros.

En efecto, la masa de la barrena abandonada á la accion de la gravedad, estaria sometida á una fuerza constante de 18<sup>k</sup>; mas como está sujeta á lo largo del camino 0,18 metros á una fuerza de 93<sup>k</sup>,28, es decir,  $\frac{93,28}{18}$  veces mayor, para comparar su accion con el de un peso de 18<sup>k</sup>, y calcular la altura equivalente de la caída, debemos multiplicar este camino por la relacion  $\frac{93,28}{18}$ , con lo cual sesultará  $0,18 \frac{93,28}{18} = 0,93$  metros.

Segun la memoria inserta en la publicacion industrial de Armengaud, se estan construyendo nuevos perforadores en que la presion constante que obrará sobre el cilindro motor será, no ya de 93 ó 95, sino de 150 kilogramos, con lo cual aumentará notablemente su efecto.

De la misma memoria de Mr. Devillez tomamos las siguientes noticias de algunas esperiencias efectuadas en Seraing.

Una barrena, cuyo bisel tiene de anchura 0,044 metros, abre agujeros de 0,048 metros de diámetro y 0,65 metros de profundidad, en 17 minutos, dando de 250 á 240 golpes por minuto y trabajando sobre una masa calcárea bastante compacta.

La velocidad media de avance es de  $\frac{0,65}{17} = 0,037$  metros por minuto. La tension del aire en el depósito es de 5 atmósferas  $\frac{1}{6}$  sobre la presión atmosférica.

Para sacar la barrena se necesitan de 15 á 30 segundos.

El tiempo necesario para abrir la boca de cada barreno, lo cual se consigue por medio de pequeños golpes, es de 1  $\frac{1}{2}$  á 2 minutos.

Los resultados obtenidos en Bardoneche no eran tan ventajosos cuando visité el túnel, dice Mr. Devillez, aunque completamente satisfactorios: ocho perforadores, en 6 horas de trabajo, abrían de 70 á 80 barrenos, cuya profundidad variaba de 0,75 á 0,90 metros, en esquistos calcáreos.

Las ocho barrenas no trabajaban todas al mismo tiempo: ya eran seis ó siete, ya cuatro ó cinco, y á veces solo dos ó tres; de suerte que cada barrena apenas trabajaba durante 3 de las 6 horas que componían el tiempo total. Estas interrupciones provenían, ya de la descomposición de algun órgano del mecanismo, ya de la sustitución de una barrena por otra, ya del cambio de posición del perforador al terminar un barreno y comenzar otro nuevo.

La velocidad de avance, en la hipótesis de 75 barrenos de 0,80 metros de profundidad, abiertos en 6 horas por ocho barrenas, será por cada barrena  $\frac{75 \cdot 0,80}{8 \cdot 6^h 60'} = 0,021$  por minuto; y suponiendo que se pierde la mitad del tiempo total en las diferentes maniobras antes indicadas, la velocidad efectiva resultará de 0,042.

Cada barrena solo puede abrir 3 agujeros á lo mas; generalmente 2, y aun á veces, si la dureza del terreno es considerable, antes de terminar el primero es preciso sustituirla por otra.

## XVIII.

*Operaciones para la perforacion; orden y organizacion del trabajo.* Tomamos de la memoria de Mr. Comté los si-

güentes detalles relativos á la perforacion de la pequeña galería, cuyas dimensiones son próximamente 4 metros de anchura por 5 de altura.

»Se sujetan al carro de los perforadores ocho de estos, y se conduce hasta la proximidad del punto de ataque.

»Dos perforadores, colocados próximamente hácia el centro, abren en una línea horizontal doce agujeros, alternativamente de 0,04 y 0,09 metros de diámetro: figuras 56 y 58.

»Se practican á continuacion otros 10 agujeros en una línea paralela á la primera; y por último, 60 agujeros mas, próximamente, esparcidos por toda la superficie de ataque: resultan pues 80 agujeros en una superficie de 12 metros cuadrados.

»En este trabajo se emplea por término medio 6 horas, y queda la roca al cabo de este tiempo acribillada, por decirlo así, por 80 agujeros de 0,90 metros de profundidad, y de los que 6 tienen un diámetro de 0,09 metros.

»Terminado este periodo de trabajo, se retira el carro con los ocho perforadores al abrigo de dos puertas de encima, que cierran la galería, y le protegen de los pedazos de piedra que pudieran saltar.

»Se limpian los agujeros por un surtidor de aire comprimido que los seca rápidamente, y se cargan con cartuchos preparados de antemano.

»Las voladuras se efectuan sucesivamente, cargando ante todo los agujeros del centro, y dejando libres los de 0,09 metros de diámetro, á fin de que los barrenos al encontrar en el sentido de dichos agujeros una línea de menor resistencia, rompan transversalmente. El resultado de esta primera explosion es practicar en el centro de la superficie de ataque una especie de hueco ó cavidad cuyas dimensiones son: anchura, 1,50; altura, 0,40; profundidad, de 0,80 á 0,90 metros.

»Formado este hueco, fácil es aprovechar los demas barrenos, á los que se dá fuego sucesivamente de ocho en ocho, avanzando siempre del centro á las estremidades.

»Los escombros ó pedazos de piedra que resultan de esta série de explosiones, son por lo general poco voluminosos y

»fáciles de cargar. Para facilitar esta operacion se establecen,  
 »lateralmente á la via central, sobre la cual marcha el carro de  
 »los perforadores, pequeñas vias de 0,60 metros por las que  
 »circulan wagoes planos (fig. 80), y sobre cada uno de estos se  
 »coloca una caja en que se recogen los escombros.

»El trabajo de las voladuras y de la estraccion de escombros  
 »dura próximamente 4 horas, resultando, pues, 10 horas para  
 »el tiempo total de cada periodo de ataque (1).»

Mr. Devillez describe como sigue la organizacion de los trabajos para la apertura de la galería central.

.....«Cuando el mecanismo se halla convenientemente dispuesto, comienza el trabajo, y se practican los agujeros próximamente como indica la figura 55, que es un corte transversal de la galería.

»El número de barrenos varia de 70 á 80, segun la dureza de la roca, y su profundidad de 0,75 á 0,90, segun que se hayan practicado en puntos mas ó menos salientes, y que las capas que atraviesan sean mas ó menos duras. El punto en que se ha de practicar cada agujero ha sido marcado de antemano, con una brocha empapada en almazarron, por el jefe que dirige los trabajos, el cual escoge dichos puntos en la posicion que juzga mas ventajosa.

»Mientras se abren los primeros barrenos, uno ó dos canteros preparan el sitio en que han de practicarse los restantes, aplanando la superficie de la roca, á fin de que los útiles comiencen fácil y rápidamente su trabajo; circunstancia importante, porque si los primeros golpes de las barrenas caen sobre superficies oblicuas pueden desviarse notablemente de su direccion.

»Los dos perforadores centrales practican cuatro grandes agujeros de 0,08 metros de diámetro, á 1,50 metros próximamente sobre el suelo de la galería, y entre estos, sobre la misma línea horizontal, y distantes de eje á eje 0,12 metros, otros

(1) Compárense estos resultados con las hipótesis de la página 113 y siguientes.

»tres agujeros de 0,04 metros. Al rededor de esta línea y dentro  
 »de la curva M se abren otros varios, bastante próximos á los  
 »primeros, y por último, algunos mas por encima y debajo de  
 »dicha curva.....

»La operacion completa dura por término medio *seis horas*,  
 »unas veces mas, otras ménos, segun la dureza de la roca que  
 »es muy variable, y segun el número de perforadores que se  
 »han descompuesto durante la operacion.....

»Se vé por lo dicho que no se tiene en cuenta la direccion  
 »de los planos de estratificacion contra la costumbre adoptada  
 »en esta clase de trabajos, y cuyas ventajas están plenamente  
 »demostradas por la esperiencia. Por lo demas hubiera sido im-  
 »posible, atendiendo al estado de la roca, combinar un meca-  
 »nismo que venciera esta gran dificultad....

»Practicados ya todos los agujeros, cuyo número se ha de-  
 »terminado por una larga serie de esperiencias, se retira el  
 »carro, así como el tender que conduce las calderas de agua,  
 »á una distancia de 50 á 100 metros, hasta un punto en que  
 »se ha ensanchado la galeria á fin de establecer una nueva via  
 »lateral para los pequeños wagoes; y terminada esta maniobra,  
 »se cierran dos fuertes puertas, las cuales protegen á los obre-  
 »ros de los fragmentos de roca que pudieran saltar en las ex-  
 »plosiones.

»He aquí la marcha de la operacion en este último periodo  
 »de trabajo:

»Se cargan los barrenos con cartuchos de 0<sup>m</sup>,50 de longi-  
 »tud, dejando en hueco los grandes agujeros, contra los cua-  
 »les estallan aquellos, resultando en consecuencia una ranura  
 »horizontal A A' de un ancho tal que pudiera introducirse en  
 »ella fácilmente el brazo.

»Cuando alguno de los barrenos *a a* no rompe el espesor  
 »de roca que le separa de los grandes agujeros de 0<sup>m</sup>,08 de diá-  
 »metro A, lo cual sucede casi siempre, se aprovechan para este  
 »fin, y para ensanchar la ranura, los agujeros *b b* inmediatos  
 »á esta línea horizontal.

»Acto continuo se cargan los agujeros de mina comprendi-

»dos en la curva NN, y por medio de mechas de desigual longitud se dá fuego, primero á los barrenos que estan á derecha é izquierda de la ranura central, despues á los situados en la parte superior, y por último, á los inferiores á dicha ranura. »La operacion termina cargando los barrenos X, Z y dando fuego en primer lugar á los de la parte X, que deben para ello llevar mechas mas cortas que los Z, y finalmente, á estos últimos.

»Claro es que al terminar cada série de esplosiones es forzoso retirar á cierta distancia los materiales acumulados en el fondo de la galería.

»Cuando alguno de los barrenos no ha producido el efecto que se esperaba, ó cuando se han disparado sin estallar, es indispensable cargar segunda vez estos últimos, y aun en ocasiones practicar á mano nuevos barrenos que completen la operacion. Este trabajo suplementario, que se efectúa al propio tiempo que se extraen los escombros, es largo y penoso, pues la galería está llena de humo, y hasta el presente la ventilacion, durante este periodo, ha sido sobremanera imperfecta....

»La masa considerable de escombros que han de sacarse por medio de los pequeños wagoes, hasta mas allá del carro de los perforadores, donde descargan en otros de grandes dimensiones montados sobre la via central; lo imperfecto de la ventilacion, causa por la cual trabajan difícilmente los obreros; las interrupciones que son consecuencia natural de los barrenos que se dan aisladamente para completar el trabajo; todo esto prolonga considerablemente la duracion de este periodo que se eleva por término medio á 6 horas....

»Resulta de lo dicho que cada periodo total de trabajo es de 12 horas.... Desde el 16 de agosto de 1861 al primero de setiembre, el avance diario ha sido de 4,62 metros en 24 horas, lo cual dá para el espesor de la capa de roca desmontada en 12 horas, 0,81 metros.»

Los ingenieros italianos que estan al frente de la obra no creen seguramennne que tal sistema haya llegado á su perfección.

cion, «y en la época de mi visita al túnel, dice Mr. Devillez, Mr. Sommeilleur estudiaba un nuevo carro capaz de sostener 12 perforadores, sin que por ello sufrieran molestia alguna los obreros encargados de la maniobra: este aumento de una tercera parte en el número de los perforadores, reduciría de 6 á 4 horas la duración de cada periodo; y aun cree Mr. Sommeilleur posible abreviar notablemente el tiempo necesario para la extracción de escombros, estableciendo á este fin dos vías, una á cada lado de la central, en el punto en que se detiene el carro de los perforadores durante dicha operación: una de ellas para el paso de los pequeños wagones cargados, otra para los wagones vacíos.....; en fin, merced á la experiencia que vayan adquiriendo los obreros, y á una organización conveniente para la extracción de escombros, supone que se ganará bastante tiempo en todo este periodo de trabajo.»

Mr. Devillez se adhiere en un todo á la opinión de Mr. Sommeilleur, y concluye este punto de su escrito con las siguientes observaciones:

«No deben considerarse los resultados obtenidos hasta hoy sino como preliminares; y yo creo, como los ingenieros italianos, que con el perforador, con una fuerza tan considerable como la de que se dispone en Bardoneche, con obreros adiestrados en el manejo de los perforadores, con una conveniente organización del trabajo, y una buena ventilación, se llegará á una velocidad media de avance de 3 metros por cada 24 horas, á ménos que, contra todas las previsiones, la dureza de la roca no aumente considerablemente en el centro de la montaña.....»

El personal empleado durante los dos periodos de trabajo antes indicados es el siguiente:

Un maquinista (jefe) para los cuatro perforadores centrales... 4  
 Maquinistas para cada dos perforadores laterales... 2  
 Ayudantes para colocar las barrenas (1 por cada dos perforadores)... 4  
 Canteros para preparar la superficie de ataque y las

se bocas de los barrenos. . . . .	2
Ayudantes para las maniobras, etc. . . . .	6
Muchachos que vierten aceite en las partes frotantes de los perforadores. . . . .	2
<hr/>	
Total para la apertura de los barrenos. . . . .	17
Un minero (jefe) para colocar los cartuchos y señalar el punto mas conveniente en que han de abrirse los barrenos. . . . .	1
Obreros para la estraccion de escombros. . . . .	12
<hr/>	
Total para el segundo periodo. . . . .	15
<hr/>	
Total general. . . . .	30

**Ventilacion.** Hé aquí lo que sobre este punto importantísimo dice Mr. Devillez. (La fecha de la Memoria de Mr. Devillez es, 15 de mayo de 1862.)

«Hasta el presente no se ha empleado en la parte de Bardo-  
neche otro medio de ventilacion, que el aire comprimido que  
sale de los perforadores, despues de haber actuado en ellos  
como fuerza motriz, y el movimiento del aire atmosférico de-  
bido á las diferencias de densidad y temperatura que son  
grandes en una galería situada á tal elevacion.

«Durante la marcha de los perforadores, el fondo de la pe-  
queña galería, en el cual se reunen una veintena de hombres,  
y en la cual arden una docena de lámparas, se halla perfecta-  
mente ventilada por el aire que sale de los perforadores, y se  
podria permanecer allí indefinidamente sin la menor incomo-  
didad: ademas, la rápida dilatacion del aire produce un nota-  
ble descenso de temperatura, sin cuya circunstancia difícil-  
mente podrian trabajar los obreros en el interior del subter-  
ráneo.

«Pero no sucede lo mismo en el siguiente periodo de traba-  
jo: las multiplicadas esplosiones de los barrenos, la produc-  
cion de humo y de gases deletéreos, vician la atmósfera, y co-  
mo por otra parte los perforadores han cesado de funcionar,

»queda suprimido todo medio de ventilacion. Ciertamente es, que se abre algo la estremidad del conducto de aire comprimido, pero solo se dá salida á cortísima cantidad de aire, es decir, al puramente preciso para salvar á los obreros de la asfixia, y sin embargo, durante este periodo de trabajo es cuando una ventilacion enérgica es mas necesaria.....

»Creo, dice Mr. Devillez, que un sistema de ventilacion por el cual se lanzaran al fondo de la galeria tres ó cuatro metros cúbicos de aire puro, por segundo, resolveria completamente la cuestion.

»Para ello es necesario evidentemente renunciar al empleo de los compresores, porque seria absurdo comprimir el aire hasta la presion de 6 atmósferas, para lanzarlo despues al fondo de la galeria, donde ha de dilatarse hasta llegar á la presion atmosférica; tal sistema no sostiene la crítica un solo instante.....

»En efecto, para comprimir hasta 6 atmósferas un volumen igual á  $1\text{ m}^3,298$  de aire comprimido, se necesita un trabajo efectivo de  $53748\text{ km}^m$ ; por lo tanto para lanzar al fondo de la pequeña galeria  $4\text{ m}^3$  por segundo seria indispensable un trabajo motor igual á  $53748 \frac{4}{1,298} = 104000\text{ km}^m$ , ó sean 1386 caballos de vapor: los 10 compresores son insuficientes para conseguir tal resultado.

»El procedimiento que creo mas racional, para obtener la ventilacion del subterráneo, seria aprovechar el conducto de desagüe que se ha practicado en el eje de la galeria, á fin de inyectar en ella por medio de una máquina el volumen de aire que se juzgase necesario. Se podria igualmente aspirar desde la boca del subterráneo, por este canal, el aire viciado que se acumulase, el cual seria reemplazado por el aire puro que penetrara directamente por dicha galeria: este último procedimiento es el que con mas frecuencia se emplea en las minas.

»Hé aquí algunos cálculos que demuestran la posibilidad y la conveniencia del sistema que propongo.

»El conducto en cuestion tiene 0,75 por 0,80, ó sean  $0\text{ m}^2,60$

»y equivale á un conducto circular de 0,874 metros de diáme.  
 »tro. Supongamos que solo corresponda á una cañería de 0,85  
 »metros de diámetro, y que el aire se mueva segun la ley ya  
 »comprobada, tanto para el caso en que se halle fuertemente  
 »comprimido, como para las tensiones adoptadas en las máqui-  
 »nas de ventilacion ordinarias.

»La velocidad de salida ó la de circulacion se deduciria de la  
 »fórmula

$$v \cdot \frac{\pi}{4} (0,85)^2 = 4^m; \text{ de donde } v = 7,05 \text{ metros.}$$

»Representando por  $h$  la altura correspondiente á esta velo-  
 »cidad, y suponiendo,

»peso del metro cúbico de aire =  $1^{ka}$ ,293,

»peso del metro cúbico de mercurio =  $13596^{ka}$ ,

»tendremos:

$$(7^m,05)^2 = 2 \cdot 9,8088 h \frac{13596}{1,293}; \text{ de donde } h = 0^m,00024.$$

»Supongamos por último la longitud extrema de 6.000 me-  
 »tros.

»La fórmula de Mr. D'Aubuisson

$$h = \frac{42 \cdot H \cdot D^5}{L d^4 + 42 D^5} \text{ dá } H = \frac{h (L d^4 + 42 \cdot D^5)}{42 \cdot D^5},$$

»en la cual  $H$  representa la tension del aire en el origen del con-  
 »ducto, es decir, la tension que debe dar al aire la máquina im-  
 »pelente.

»Sustituyendo

$h = 0,00024$ ;  $L = 6000$ ;  $d = D = 0,85$  metros, resultará:

$$H = \frac{0,00024 [6.000 (0,85)^4 + 42 (0,85)^5]}{42 (0,85)^5} = 0,04 \text{ metros de mercu-}$$

»rio que equivale á una columna de agua de

$$0^m,04 \times 13,596 = 0^m,547.$$

»Así pues el aparato ventilador debe ejercer sobre el aire en  
 »el origen del conducto una presion de

$$10555^{kil} \frac{0,547}{10^m,355} = 547^{kil} \text{ por metro cuadrado.}$$

»Para un gasto de  $4\text{m}^3$  el trabajo útil por segundo será  $4\text{m}^3 \times 547\text{kil} = 2188\text{m}$ , o sean  $29^{\text{ov}}, 17$ .

[En efecto, representando por  $A$  el área del conducto, la velocidad del aire será  $\frac{4\text{m}^3}{A}$  y la presión total,  $547\text{kil} \times A$ ; de donde resulta para el trabajo desarrollado  $\frac{4\text{m}^3}{A} \times 547\text{kil} \times A = 4\text{m}^3 \times 547$

»Si se consideráran suficientes  $3\text{m}^3$  por segundo, un cálculo análogo al anterior daría para el trabajo necesario  $12^{\text{ov}}, 40$ .

»A este trabajo consumido para la introducción y circulación del aire en el conducto, debe agregarse el necesario para elevar su tensión á  $0,547$  metros de agua sobre la de la atmósfera en el primer caso, y  $0,310$  metros en el segundo.

»Ambos trabajos suplementarios serán

» $\frac{3}{4}$  de caballo de vapor próximamente para el caso de  $4\text{m}^3$ ;  
»y  $\frac{1}{3}$  de id. id. id. para  $3\text{m}^3$ .

»Dichas presiones de  $0,547$  y  $0,310$  metros de agua pueden obtenerse fácilmente por medio de una máquina ordinaria.....

»El conducto de mampostería —por el cual habría de circular el aire, si se adoptase este sistema, antes de penetrar en la pequeña galería de ataque, ó después de salir de ella, en el caso de emplear el sistema de aspiración,— debería enlucirse cuidadosamente de cemento hidráulico, y debería asimismo presentar una carga suficiente para que no pudiera levantarla el aire comprimido.....

»El aparato ventilador habría de disponerse de manera que pudiera obrar, ya por impulsión, ya por aspiración, y el conducto debería llevar de distancia en distancia ventanas ó trampas para lanzar aire puro, ó aspirar el viciado, en aquellos puntos del túnel en que se quisiera sanear la atmósfera.

».....Si se diese al conducto subterráneo  $1$  metro de altura por  $1,20$  de ancho, como se trata de hacer en la parte de Modane, se hallaría el túnel en las condiciones ordinarias de las minas, y un ventilador ordinario sería suficiente, y podría emplearse con gran ventaja.

»En efecto, la sección del conducto equivaldría á la de un tubo cilíndrico de  $1,23$  metros de diámetro; la velocidad de

«circulación y de salida del aire para  $4^m$  por segundo sería 3,55 metros, y los valores de  $h$  y  $H$  en alturas de mercurio serían respectivamente:

$$h = \frac{(3^m,55)^2 \cdot 1^{kil},295}{19,62 \cdot 15596} = 0,000054,$$

$$H = \frac{0,000034 [6\ 000 (1,23)^4 + 42 (1,25)^2]}{42 (1,25)^2} = 0^m,0065.$$

«Esta última columna equivale á 0,086 metros de agua, de suerte que la presión bajo la cual debería ser lanzado el aire al conducto, ó la depresión; si se ventila el túnel aspirando los gases deletéreos, entra en los límites ordinarios.

«....El trabajo necesario en estas últimas hipótesis es poco considerable; en efecto, la altura 0,086 metros de agua, ya sobró, ya bajo la columna atmosférica, equivale á 86 kilogramos por metro cuadrado, y el trabajo teórico en el supuesto de  $4^m$  será:

$$\frac{4^m \times 86^{kil}}{75^{km}} = 4^{cv},58.$$

«El torrente de Rochemolle que pasa por delante de la boca del túnel, y que todavía no se ha utilizado, ofrece un trabajo disponible de 60 caballos de vapor.»

Como el objeto de este apéndice es tan solo extractar lo mas importante que sobre la perforación de los Alpes se ha publicado, omitimos algunas observaciones que pudieran hacerse á los cálculos de Mr. Devillez sobre la ventilación. Debemos, sin embargo, advertir, que si se acudiera para ventilar al túnel al primer sistema de los que Mr. Devillez propone, la dificultad principal, á saber, la mezcla del aire puro á los gases de la pólvora quedaría siempre en pié.

Mr. Comte resume como sigue su informe sobre el túnel de Mont-Cénis.

«Conclusiones. En vista de lo espuesto hasta aquí, ¿puede

» considerarse como resuelto el problema de la perforacion de los Alpes?

» La cuestion presenta dos clases de dificultades:

» 1.° Introduccion de aire respirable en las galerías, sea cual fuere la profundidad del túnel.

» 2.° Aceleracion en el trabajo.

» El primer término del problema, y sin el cual era absolutamente imposible emprender la obra, parece resuelto de una manera satisfactoria, toda vez que se comprime aire en gran cantidad, que se le puede conservar en depósitos cerrados, y conducir á distancias considerables, sin pérdida sensible de presion....

» Se ha calculado que el consumo de aire por cada punto de ataque será de 82,000<sup>m</sup> ° por dia, y á este fin en cada lado se han de establecer 10 compresores de choque y 6 compresores de bomba, que podrán comprimir en 24 horas,

los 10 compresores de choque. . . . .	70,000 <sup>m</sup> °
los 6 compresores de bomba. . . . .	42,000
TOTAL. . . . .	<u>112,000</u>

» es decir, un 57 por 100 sobre el volúmen que se supone.

» Al terminar las explosiones se abren las llaves de los tubos de aire comprimido el cual penetra en la galería y arroja rápidamente de esta al aire viciado; pero aunque el fondo de ataque queda en buenas condiciones de ventilacion, grandes masas de humo avanzan lentamente hácia la boca de la galería, y molestan en extremo á los obreros empleados en la estraccion de escombros, hasta el punto de obligarles á veces á suspender el trabajo.

» Se ha tratado de remediar este inconveniente, del lado de Bardoneche, estableciendo, para hacer tiro, una especie de chimenea que comunica con la pequeña galería de ataque por el conducto central del túnel. El tiro de la chimenea se consigue por medio de un ventilador. (1)

(1) Segun parece, dice Mr. Comte en una nota de su memoria, la idea de

»La mayor parte del aire viciado tendrá, pues, una salida especial, y los obreros libres del humo que tanto les molesta actualmente, podrán acelerar su trabajo. Considero, pues, resuelto, en principio, el problema de la ventilacion.....

»El segundo término de la cuestion no se halla tan avanzado y esto se comprende fácilmente: no basta inventar aparatos, es preciso ponerlos en movimiento. Son necesarios 15 obreros diestros en el manejo de las máquinas para el servicio de los perforadores, y como se efectúan dos operaciones por dia, el personal necesario, solo para la parte de Italia, se eleva á 50 hombres, y se elevará próximamente á 70 cuando se trabaje en la parte de Francia tambien; pero claro es que requiere mucho tiempo la instrucción y preparacion de un personal tan numeroso.....

»He dicho que en la parte de Bardoneche cada explosion corresponde á un avance de 0,80 á 0,90; que se emplean 6 horas para perforar los barrenos y 4 para el resto de las operaciones; en suma, 10 horas por cada período de trabajo.....

»El avance debia ser, segun estos datos, de 1,<sup>m</sup>7 por dia ó próximamente 52<sup>m</sup> cada mes; pero resulta de las noticias que nos han suministrado, que hasta el presente no ha sido superior á 35<sup>m</sup>, con lo cual se necesitarian aun 12 años para perforar los 10200<sup>ms</sup> que restan.....

»Por último, sobre el carro de los perforadores pueden colocarse diez de estos, y sin embargo hasta hoy solo han funcionado ocho: cuando el personal destinado á este servicio se ejercite en él y puedan montarse dos perforadores mas, podrá indudablemente acelerarse el trabajo, y se concibe que llegarán á darse 3 voladuras en vez de las 2 que hoy se dan.....

---

chimeneas de tiro que absorvan los gases deletéreos es debida á Mr. Boreli.

Pero además de este medio, Mr. Sommeilleur se propone establecer varias máquinas hidráulicas en cada extremo del túnel, que suministren de 6 á 10 metros cúbicos de aire por segundo. No conozco todavía, agrega Mr. Comte, ni el principio en que se fundan dichas máquinas, ni su manera de funcionar; tan solo sé que tienen por objeto hacer que desaparezca el humo que hoy tanto molesta á los obreros, y procurar de este modo una buena ventilacion para las galerías.

»Con el empleo de las máquinas se obtiene una notable  
 »aceleracion sobre la que darian los procedimientos ordinarios,  
 »pero la ventaja obtenida no llega ni con mucho á la que en un  
 »principio se supuso. ¿Podrá llegarse á tales resultados?

»Espero que así sea, y creo que en el momento actual el  
 »mayor obstáculo que halla el eminente ingeniero encargado  
 »de la direccion de los trabajos, consiste en la falta de obreros  
 »capaces de poner en ejecucion los procedimientos adoptados.  
 »Sea como quiera, la empresa del túnel de los Alpes es un  
 »magnífico trabajo, que hace honor al ánimo esforzado, á la  
 »energía, y á la inteligencia de los que han osado acometer tan  
 »difícil empresa.

»El informe anterior es un resumen de los trabajos ejecu-  
 »tados hasta el mes de agosto de 1862; posteriormente á esta  
 »fecha se han establecido los perforadores correspondientes al  
 »lado de Francia. Han comenzado á funcionar el 25 de enero  
 »de 1863, y tras algun desorden, que pronto desapareció, han  
 »marchado con la mayor regularidad: el término medio del  
 »avance diario correspondiente al mes de marzo, ha sido de  
 »1<sup>m</sup>,10, y el de los 8 primeros dias de abril, 1<sup>m</sup>,40. Considero  
 »este resultado como escepcional, pero sea como fuere parece  
 »demostrar cuando ménos que las dificultades no van hasta  
 »hoy en aumento.

## XIX.

MM. Schwartzkopf y Philippson han inventado un perforador que difiere notablemente del de Mr. Sommeilleur, tanto por la disposicion de sus diferentes órganos, como por la manera de actuar el útil.

Como complemento de la perforacion de rocas por medio de máquinas, tomamos de la publicacion industrial de Mr. Armengaud la siguiente noticia sobre este nuevo mecanismo.

*Descripcion del perforador.* Este perforador se compone de dos partes, una fija, otra móvil á lo largo de la primera.

*Parte fija.* Se compone figs. 82 y 84 de los siguientes elementos:

**BB** bastidor en forma de media caña cuyo extremo **D** se sujeta por medio del tornillo *b* á la armadura **L**, fig. 86.

**V** fig. 82 y 84, tornillo que gira dentro del marco ó bastidor **B** y está sujeto por el pequeño tornillo *v* y el collar *v'*.

**R** engranage de ángulo, que por medio de la manivela *r'*, fig. 86, comunica un movimiento de rotacion al tornillo **V**.

*Parte móvil.* Toda la parte móvil del aparato va unida á la tuerca *d*, figs. 82 y 84, que corre á lo largo del tornillo **V**. De este modo el movimiento de rotacion de la manivela *r'*, fig. 86, se convierte en un movimiento longitudinal de avance ó retroceso para la tuerca *d*, la placa **A**, y el resto del perforador.

**A** placa que se une á la tuerca *d* por el tornillo *d'*, y al cilindro **C** por los tornillos *a a'*.

**C** cilindro motor.

**P** émbolo sobre el cual actúa el aire comprimido.

**T** varilla del émbolo.

**H** varilla de acero á cuyo extremo *m* se sujeta la barrena.

Sobre la cabeza *r* de esta varilla golpea el extremo del bástago **T** del émbolo, oprimiendo al útil contra la roca, al propio tiempo que por el intermedio de la rueda *r'* recibe, dicha varilla **H**, un movimiento continuo de rotacion.

Cuando el extremo del bástago **T** abandona á la cabeza *r* de la varilla **H**, el resorte *h* hace retroceder á esta última.

**E** pieza que guía el movimiento del bástago **T**: su extremo superior desliza en una ranura de la placa **A**, su extremo inferior corre sobre una varilla fija *e*.

**E'** figs. 82 y 85, pieza unida á la **E** y que desliza con ella: sobre las superficies inclinadas que la terminan desliza la ruedecilla *g*, y de este modo recibe un movimiento circular alternativo del eje **T'**.

**T'** eje que hace girar á la llave de distribucion **R**.

**t** conducto de entrada del aire comprimido.

$t'$  conducto de salida.  
 $c$  { conductos de comunicacion del cilindro motor C con la llave  
 $c'$  { de distribucion R.

Quando la llave ocupa la posicion que indica la fig. 84, el aire comprimido pasa libremente del conducto  $t$  al  $c$ , los cuales están en comunicacion por el hueco  $r$ , y hace retroceder al émbolo: al propio tiempo el aire que ha actuado en la semi-oscilacion anterior sobre la cara opuesta, sale por los conductos  $c'$  y  $t'$ —puestos en comunicacion por el rebajo  $r'$ ,—á la atmósfera. Efectos análogos se verifican en la semi-oscilacion siguiente.

La varilla  $T'$ , al propio tiempo que sirve para la distribucion del vapor, trasmite por la palanca  $f$  á la rueda  $r$ , fig. 85, y por esta al útil  $m$ , un movimiento continuo de rotacion.

*Instalacion y trabajo de la máquina.* La barrena se une para su instalacion en la obra, á una columna hueca de fundicion M, fig. 86, por el intermedio de la pieza L.

Esta última se compone de dos brazos que atraviesa el eje D, el cual penetra al propio tiempo en el collar D (fig. 82) del perforador. Todo el perforador puede girar al rededor de dicho eje, y se le sujeta en la posicion conveniente por el tornillo  $b$ .

Contra la columna M y á todo lo largo de ella corre una cremallera PP unida por sus extremos á dos collares, de suerte que dicha cremallera pueda girar libremente al rededor de M siguiendo el movimiento de la pieza L. Esta lleva un piñon  $o$  que engrana con la cremallera P, y un tornillo  $b$  para fijar todo el mecanismo en la posicion mas conveniente.

De este modo el perforador tiene un movimiento de rotacion al rededor del eje horizontal D, y puede tomar todas las inclinaciones desde  $0^\circ$  á  $180^\circ$ ; otro movimiento de rotacion al rededor de M; y por último, un movimiento vertical por medio del piñon  $o$ .

La columna M se sujeta fuertemente al suelo y á la parte superior de la galería por las piezas  $n$ ,  $n'$ , fija la primera, móvil la segunda en el sentido longitudinal del eje por medio de una tuerca, y armadas ambas de dientes ó garras que se clavan en la roca.

Uniendo al eje *o* un par de ruedecillas *O*, un hombre puede conducir cada perforador con su parte adicional *M L* al sitio en que ha de colocarse.

Para facilitar el servicio de las máquinas, Mr. Schewartzkopf construye bombas locomóviles de compresion, que pueden alimentar de aire comprimido dos perforadores y cuyo precio no es muy elevado.

El precio de cada perforador, sin su columna, es de 3,550 francos; el de la máquina locomóvil de compresion, 8,510 francos.

El aparato perforador dá de 1,20 á 1,40 golpes por minuto y en este tiempo el útil puede penetrar en piedras homogéneas y poco duras de 18 á 20 centímetros, practicando barrenos de 3 á 5 centímetros de diámetro. En el granito mas duro de Noruega, el avance no pasa de 30 á 55 milímetros.

FIN.

