

MEMORIAS CIENTÍFICAS I LITERARIAS.

ESPLOTACION DE MINAS.—De la extracción por medio del aire.—Comunicacion a la Facultad de ciencias físicas i matemáticas, por el ingeniero don Enrique Fonseca.

Esta importantísima parte de la explotación de minas, la extracción de las materias arrancadas en el interior de ellas, ha presentado siempre serias dificultades a la industria, pero que han sido vencidas gradualmente por los perfeccionamientos continuos de las máquinas empleadas en ello. De esta manera se ha conseguido i facilitado la explotación en profundidades vecinas de 1000 metros. Mas, cuando en esta profundidad abunda la materia por extraer, los medios mas avanzados i perfeccionados no son ya suficientes; i por otra parte, el costo de extracción de la materia explotada es elevadísimo, por consecuencia del aumento natural de trabajo i el deterioro rápido de los órganos de las máquinas empleadas.

Todas estas dificultades reunidas han preocupado siempre a los jefes o directores de grandes explotaciones, i principalmente al señor Blanchet, ingeniero director de los caminos de Epinac, e inventor del *nuevo sistema atmosférico*, cuya descripción, tomada en parte de un folleto que debo a la amabilidad del espresado señor, es como sigue:

«Como se acaba de decir, la explotación de carbon en grandes profundidades, mil o mas metros, es desde mucho tiempo atrás el objeto de las investigaciones de los mineros. Es una de las cuestiones propuestas por el señor M. L. Grüner en 1855 en la esposicion de los fines que se proponia la sociedad de la industria minera. Varias ideas han sido emitidas con este fin, diversos sistemas han sido propuestos. Entre ellos se proponia sobreponer en los piques diversas máquinas, reemplazar aquéllas cuando eran verticales por grandes planos inclinados, i segun los ensayos de los aparatos Mehu i los proyectos Guibal, Schütz i otros, recurrir, como el ferrocarril de Saint-Germain i el monta-cargas de Saint-Jacques en Montluçon, a la presión atmosférica i al aire comprimido.

«El sistema atmosférico no ha recibido aún aplicación a las minas.

«El sistema tubular de Saint-Germain, por medio del vacío, no permite funcionar con seguridad en los piques a causa de la ranura longitudinal del tubo i su recubrimiento: un tubo de un diámetro demasiado grande ocupa mucho espacio i es excesivamente caro; otro de menores dimensiones con carros sobrepuestos, trae consigo dificultades serias para el volcado de los carros en el vaciado sobre los puntos de descaga (canchas); finalmente, según el parecer jeneral, el tubo debería ser liso enteramente, como el cilindro de una máquina de vapor, sin lo cual no funcionaría útilmente en los piques.

«Las mismas dificultades se presentan por medio del aire comprimido. Para utilizar este último sistema, se tropieza con los mismos inconvenientes relativamente a las maniobras i necesita también un tubo torneado interiormente.»

Tales eran las ideas dominantes, sin dar solución a un problema cuya necesidad no se veía urgente; la necesidad de explotar hasta mil metros o mas no era aún suficientemente conocida. Así pues, solo la urgencia de una explotación en circunstancias semejantes ha podido dar a la cuestión estracción una importancia capital i aún mayor que la solución buscada. Esto es lo que ha sucedido en Espinac (Francia), endonde el pique Hattinger, principiado el 26 de mayo de 1863, llegó a la capa carbónifera el 17 de noviembre de 1871 por una galería de 110 metros de largo labrada a la hondura de 618 ^m. 50

Este pique debe profundizarse hasta 700 metros aún para cortar directamente la capa tomada por la galería anterior. Se encuentra a mas de un quilómetro de distancia horizontal del punto más avanzado de los trabajos existentes de la cabeza de la capa ullera, cuya profundidad actual es de 450 metros: ha descubierto por su situación i puesto en estado de explotar 400 millones d'hectólitros de carbon sobre una superficie de 400 hectáreas de terreno, explotación que debe verificarse desde la hondura de 400 metros hasta la de 1000 metros.

Poner lo mas pronto posible este pique en estado de explotación sin esperar la perforacion de uno nuevo para la ventilación, asegurar de una manera regular la satisfaccion de esta importantísima medida, disminuir la temperatura de las canteras de trabajo,

que, sin una enérgica ventilacion, tendrian un calor de 32 a 45 grados centígrados, precaver los accidentes del *grison* (gas esplosivo por su mezcla con el aire) i hacer economías consiguientes, evitando el uso de cables de gran costo i poca duracion: tal es el problema que se ha propuesto i resuelto de una manera brillante i completamente satisfactoria el ingeniero señor Blanchet, director de la compañía de las hulleras del ferrocarril de Epinac. En prevision de las difíciles circunstancias del pique Hattinger, este ingeniero ha estudiado de tiempo atrás el sistema atmosférico i ha imaginado reemplazar el nuevo pique de ventilacion por un tubo de palastro i por un piston movido dentro de él i por la accion del aire, i que trasporta consigo las cajas de estraccion, i ha conseguido suprimir el uso de los cables i cadenas.

El tubo está establecido en el pique merced a su gran seccion cuyo mínimo es 14, m² 18. El sistema procede por la rarefaccion del aire, lo que no produce aumento alguno de temperatura en el tubo. Por medio de disposiciones simples i fáciles, el ascenso i descenso de nueve carros superpuestos en una jaula están completamente realizados i asegurados, como igualmente todas las maniobras en las canchas de carga i descarga. Todo el proyecto se evidencia por una construccion hecha a la escala de 1/10. No es mas que el espécimen de este proyecto lo que fué presentado a la esposicion universal de Lyon, endonde fué sometido a la critica independiente. Fué construido en los talleres de la misma sociedad i consta de tres secciones:

1.º Descripcion jeneral del nuevo aparato.

2.º Resultado de las esperiencias de Epinac.

3.º Presion de instalacion i ventajas.

1. *Descripcion del aparato.*—El tubo es cilíndrico i compuesto de palastro de 7 a 8 milímetros de espesor i tiene 1 m. 60 cent. de diámetro. Se compone de trozos de 6 metros de largo reunidos entre sí por rebordes i pernos, cada trozo está compuesto de planchas unidas entre sí por cubrejunturas i remaches a cabeza perdida interiormente. El tubo se calibró exactamente por un padron pasado por lo interior.

Durante largo tiempo se ha creído que se necesitaba pulir el tubo interiormente. Esta perfeccion no es necesaria, como lo ha mostrado la esperiencia en Epinac. Con una débil presion i a la

temperatura ordinaria; el engrosado interior hace desaparecer las pequeñas irregularidades i da la pulidez necesaria.

El tubo está colocado en un compartimiento especial del pique, de cuyas paredes está aislado. Lo soportan de tres en tres metros callapos análogos a los empleados en las columnas de bombas. Sus disposiciones i las de sus callapos son tales que permiten quitar un trozo cualquiera de la columna sin desarreglar el resto. Para ponerlo al abrigo de los movimientos del pique, el callapo principal de apoyo no está sellado sobre las murallas del pique. Está libre en sus estremidades i descansa sobre dos callapos portadores.

El piston está compuesto de dos partes, la parte superior i la inferior, que comprenden entre sí la jaula. La parte superior está formada de dos platillos separados entre sí por una distancia mayor que la altura de dos puertas del cilindro para poder pasar delante de ellos sin perturbacion alguna en la presion del aire en la parte superior e inferior de la jaula. La parte inferior del piston solo tiene un solo platillo que permite mantener el fondo del tubo aislado de la atmósfera cuando así se necesita. Este disco está provisto de una válvula que permite el acceso al aire cuando la jaula trasporta operarios; mantiene guiada a esta última, i sobre ella se adopta el paracaída, que previene todo accidente causado por la poca destreza de los operarios.

Un tope con resorte encerrado en una caja corona la parte superior del piston i evita todo choque con las válvulas superiores del tubo, instaladas para sujetar la ascension del aparato móvil.

El piston no exige disposicion alguna extraordinaria en su construccion. Puede construirse con pedazos de madera armadas con fierro i guarnecerse con un simple revestimiento de gutapercha cubierto con cuero graso i sostenido por círculos de metal, aleacion de plomo, zinc, estafio i antimonio.

La jaula, construida de fierro batido como las ordinarias, contiene nueve carros superpuestos i capaces de 6 hectólitros cada uno, o sea, 4500 quilógramos en todo. Está unida con el piston, el cual la tira o la empuja segun sea el movimiento ascendente o descendente.

Todo el equipo que viaja dentro del tubo, piston, jaula, carros i carbon, tiene un peso total de 12000 quilógramos. Como el piston tiene una superficie de 2 metros cuadrados, la presion por centímetro cuadrado es 0,60 quilógramos.

La máquina neumática reduce el aire encima del piston hasta que la diferencia de presión entre la atmósfera i el aire reducido sea 1033 quilógramos menos 0,60 o en números redondos 0, 40 quilógramos; entonces el piston se pone en movimiento i la velocidad de marcha no depende mas que de la cantidad de aire absorbido por los cilindros de la máquina neumática. Como estas últimas tienen 2, 75 metros de diámetro o 6 metros cuadrados por 3 de carrera, toman el *mínimo* de 12 metros cúbicos de aire por segundo, con la velocidad correspondiente en la máquina motriz; a mas la acción del tubo es 2 metros cuadrados; así la carga se eleva con la velocidad de $\frac{12}{2}=6$ metros por segundo.

La rarefacción del aire necesario para reducir la presión a 0,40 quilógramos se efectúa en un tiempo bastante corto, dependiendo solamente del número de golpes de piston en los cilindros neumáticos i del aire absorbido por cada uno de ellos. Con estas extracciones sucesivas de aire, la presión varia en el tubo segun la lei de Mariotte; la fuerza elástica decrece segun los términos de una progresión geométrica cuya razón es la relación entre el volumen del tubo i este mismo volumen mas el de los cilindros neumáticos. Así, si V es el primero i v el segundo, la razón será $\frac{V}{V+v}$, i la presión p después de n , golpes de piston, será:

$$I = \left(\frac{V}{V+v} \right)^n$$

De lo cual se deduce:

$$n = \frac{\log. p}{\log. V - \log. (V+v)}$$

Para un tubo de 1000 metros de largo i 2 m² de sección, i $v=36$ m³ para los cilindros de vientos, se tiene $V=2000$ m², $V+v=2036$ m² $p=0,40$ quilógramos:

$$\begin{aligned} n &= \frac{\log. 0,40}{\log. 2000 - \log. 2036} = \frac{-0,39797}{3,30103 - 3,30878} \\ &= \frac{-0,39797}{-0,00775} = \frac{39797}{775} = 51,45 \end{aligned}$$

Así, en 51½ golpes la rarefacción del aire se habrá verificado en el tubo, lo que no exigirá mas que 2½ minutos, si la velocidad

de los pistones neumáticos es de un metro. La marcha de la aspiracion se conservará durante la maniobra, i en un tiempo mucho menor resultante del grado de rarefaccion al cual estará sometido el aire cuya presion no deberá sobrepujar a la de 0,60, se podrán efectuar las subsiguientes maniobras, sobre todo si se aprovecha la rarefaccion de un depósito, durante el descenso del piston con ductor.

Cuando se trata de descender el piston i su carga, la aspiracion está interrumpida en el tubo aislado de la máquina por medio de puertas i válvulas, i el aire llega sobre el piston por medio de un regulador, de modo que su presion aumenta en una cantidad igual a la diferencia existente entre la del portador vacío o sea $\frac{7500}{20000}$ 0,375 quil., i la del mismo lleno o 0,600 quil. sea en 0,225 quil. De 0,40 quil. la fuerza elástica del aire vuelve a 0,60 próximamente.

El aire asciende en el tubo con el piston, cuando éste se eleva, i se escapa del mismo cuando el piston descende. Las puertas i válvulas de escape i absorcion reglamentan la admision i emision del aire de modo que la primera se efectúa del interior de la mina i la segunda al exterior. En cada viaje se estrae de la mina no solo la materia explotada sino tambien un volúmen de aire viciado igual al del tubo, o sea, para el pique en cuestion 2000 m³, siendo reemplazados naturalmente en igual tiempo por igual volúmen de aire fresco exterior, lo que naturalmente produce una ventilacion activísima. Esta última ventaja es una de las mayores del sistema en cuestion, pues la ventilacion tan necesaria en las carboneras i tan costosa de ordinario, se produce aquí sin aumento alguno de gasto.

Para facilitar la maniobra de nueve carros superpuestos en la jaula, el tubo posee en cada cancha tres puertas dobles que corresponden a los niveles de los pisos que se le presentan sucesivamente. Los carros llenos entran por una puerta i los vacíos por otra, de modo que los nueve carros se estraeen i reemplazan en tres maniobras como sigue:

1. ^a maniobra	1	4	7
2. ^a »	2	5	8
3. ^a »	3	6	9

La ejecucion de cada maniobra se hace en cada piso por el do-

ble juego de cada una de las tres espigas o prensa-estopa, que se introducen o retiran del interior del tubo por medio de palancas de gobierno. Estas espigas llevan los números 1, 2, i 3 (arriba) i 1, 2, i 3 (abajo). Con los números 1 se maniobran los carros 1, 4 i 7; con los números 2 los de los 2, 5 i 8; i con los números 3 los de los carros 3, 6 i 9. Las espigas superiores sujetan el piston en su movimiento ascensional, i las inferiores en su movimiento de descenso.

La jaula i el piston están encerrados por las espigas todo el tiempo que dura la maniobra; i para presentar sucesivamente los carros en cada piso, se les sube o baja por medio de las llaves de equilibrio, con las cuales se puede maniobrar como se quiera.

En el fondo del pique el tubo de equilibrio va de la parte inferior del tubo de estraccion hasta el límite del campo de maniobras. Cuando la llave de ese tubo está cerrada, la jaula está oprimida contra la espiga superior por la presion del aire inferior. Cuando la misma está abierta i las puertas de toma i escape del aire cerradas, la rarefaccion tiene lugar bajo la jaula como sobre ella, i el piston conductor descende sobre la espiga inferior. Entré dos espigas correspondientes de arriba i abajo no hai mas que un juego de 3 centímetros.

En el orificio del pique hai tambien dos tubos guarnecidos con sendas llaves. El primero comunica con la atmósfera i da el aire sobre el piston para hacerlo bajar. El segundo está en comunicacion con el recipiente de la máquina neumática; éste rarifica el aire sobre el piston i sirve para hacer subir a éste último de una espiga a la otra. Aparatos especiales mui simples, i a toques de resortes o espigas eléctricas, dan a conocer la posicion de la jaula en el tubo de distancia en distancia, ora su partida i su llegada, sea al ascenso o al descenso.

Cuando la jaula sube, todos los puestos de las canchas i pisos están cerrados, escepto la puerta de acceso del aire, i cuando llega al sol, se pára por sí misma interrumpiendo la aspiracion de la máquina neumática: 1.º por la caída de una válvula que intercepta la comunicacion con la máquina neumática; 2.º abriendo una segunda válvula que permite pasar sobre el piston una cantidad de aire determinado; 3.º comprimiendo el aire en la parte superior del tubo; i 4.º en última estremidad, comunicando con la atmósfera por medio de una válvula de seguridad.

Cuando la jaula desciende, impele al exterior por la puerta de escape el volúmen de aire que habia absorbido durante el ascenso. Llegada a cierta altura del pique, hace caer una puerta automática que cierra la via de escape. El aire comprimido en el tubo paraliza el piston, el que se arregla como se quiere sobre las espigas, dejando escaparse el aire comprimido.

Barómetros i manómetros muestran constantemente las presiones sobre i bajo el piston.

Todas estas maniobras se efectúan como cuando se usa el vapor; para que se produzca un accidente, se necesita que estén abiertas todas las puertas del aparato, lo que no puede verificarse sino con el concurso incalificable de una multitud de circunstancias.

Sin embargo, para prevenir esta eventualidad se usa un paracaídas. Fundado éste en las propiedades de la fuerza centrífuga, consiste en una esfera de meridianos de acero movable segun un eje vertical i fija invariablemente bajo el aparato de extraccion. Los meridianos, invariablemente unidos al árbol en la parte inferior i libres en la parte superior, llevan sobre su ecuador guarniciones o zuecos por frenos. El eje de la esfera posee un movimiento de rotacion que precede de rozamiento de unas rodajas puestas en el piston i que se trasmite al eje de la esfera. Cuando la velocidad de la jaula aumenta considerablemente, los meridianos se tornan de mas en mas elípticos i los zuecos producen un rozamiento sobre las paredes del tubo, rozamiento que aumenta con la velocidad de la jaula i que por consiguiente modera esta última sin dejarla sobrepujar cierto límite. El paracaídas está establecido para funcionar tan luego como la velocidad llegue a 10 metros.

2. *Resultado de las esperiencias de Epinac.*—El aparato sometido a las esperiencias i presentado en la esposicion de Lyon tiene un tubo de 16 centímetros de diámetro. Está construido de hojas de palastro comun de 2 milímetros de espesor remachadas segun la jeneratriz, los cuerpos de un metro de largo reunidos entre sí por golillas i pernos. Las junturas son torneadas i están guarnecidas con rodajas de cáuchuc. Está establecido en un andamio de 29 metros de alto, en cuyo pié existen dos cilindros de viento de 30 centímetros de diámetro i 38 centímetros de carrera, gobernados por una máquina de vapor de la fuerza de 12 caballos.

En estas condiciones ha demostrado la esperiencia que el aparato eleva una carga de 120 con una velocidad de 6 metros por

segundo. Así produce un efecto útil de 720 quilógramos, o sea, $\frac{720}{75}=9,6$ caballos vapor; por consiguiente, el rendimiento es $\frac{9,6}{12}$, mas o menos, 80 por ciento de la fuerza motriz. Este rendimiento no se alcanza a obtener nunca con el sistema de cables.

En esta marcha la depresion barométrica es 46 a 50 centímetros. Corresponde a una carga de 134 quilógramos sobre el pistón, mientras que la carga elevada es 120; de lo cual se deduce que el rozamiento observe el 10 por ciento. Esta cifra es debilísima, la que decrece a medida que el diámetro del pistón aumenta.

La carga de 120 quilógramos se distribuye así:

Pistón	14, 5.	quil.
Jaula	17, 0.	»
Carros vacíos	3, 6.	»
Carga útil	84, 9.	»
<hr/>		
TOTAL	120, 0.	»

Con un tubo de 1, 60 metros de diámetro, o sea, una seccion de 2 metros cuadrados, la carga total elevada es de 12000 quilógramos distribuida como sigue:

Pistón	2250	quil.
Jaula con paracaída	3000	»
Carros vacíos(9×250)	2250	»
Carbon (54 hectólitros)	4500	»
<hr/>		

TOTAL 12000 quilógramos.

Así, en cada viaje se extraerán 4, 5 toneladas de carbon desde la profundidad de 1000 metros en 7 minutos de tiempo, como sigue:

Maniobra de fondo	0 minutos 30 "
Ascension	3 » 00 "
Maniobras del sol	0 » 30 "
Descenso	3 » 00 "
<hr/>	

TOTAL 7 minutos.

En cada hora se ejecutarán ocho viajes i medio, produciendo

una extraccion de 459 hectólitros o 38 toneladas, o sea 350 a 380 toneladas diarias (dia de operario).

Esta extraccion podrá duplicarse, lo cual no podrá en manera alguna conseguirse con una máquina de cables, si se agrega un segundo tubo ascensor conjugado con el primero. Tanto mas cuanto que no es necesario aumentar la fuerza de extraccion; pues, con vaciar un tubo en el otro por la parte superior de los pistones, solo se tendrá que vencer la mitad de la presion que se necesita para vaciarlos en la atmósfera. Los tubos conjugados tienen a mas la ventaja de regularizar la ventilacion de la mina.

El sistema neumático no impide el desagüe, cuando éste no se hace con bombas.

Las creces ordinarias que necesitaren desaguarse en un pique de extraccion poco importante, se sacarán a la superficie por el tubo, para cuyo efecto los carros se reemplazarán por pipas o cajas es decir, del mismo modo que en el caso de una extraccion por cables. Con este fin, las aguas se tomarán directamente en el depósito del fondo, para lo cual la parte inferior del tubo estará completamente abierta. En el caso de no ser mui abundantes las aguas, se elevarian por una pequeña bomba a un depósito superior, desde el cual se llenarian las cajas automáticamente.

3. *Precio i ventajas del sistema atmosférico.*—Con un tubo aislado de gran profundidad, como en cualquiera otro sistema de extraccion, se necesita proveer al pique de los medios de visitarlo, ya para los casos de accidentes ocurridos en las jaulas, o ya para los ocurridos en las máquinas de extraccion. Con este objeto es preciso dotarlo de una máquina especial de cables, que será respecto a la máquina principal de extraccion lo que los tornos son a los malacates o a las pequeñas máquinas de vapor. Es imposible descuidar la colocacion de este auxiliar a causa de la profundidad de los piques i de las graves eventualidades que pueden resultar en un momento dado.

Provisto de la máquina auxiliar, que necesita una fuerza de 90 a 100 caballos, el sistema atmosférico comprende como motor de extraccion una máquina de 600 caballos de dos cilindros conjugados de 1 metro de diámetro i 2 metros de carrera, la que gobierna dos cilindros de viento de 2.75 diámetro i 3 metros de carrera.

Tres son los sistemas que pueden tomarse en consideracion para la instalacion del pique Hattinger:

1.º Instalacion con pique nuevo i máquinas de cables.

2.º Instalacion con máquinas de cables i tubo metálico como reemplazante del pique de ventilacion.

3.º Instalacion con tubo i máquinas neumáticas.

Los gastos necesarios para cada sistema son como sigue:

GASTOS PARA EL SISTEMA	DESIGNACION DEL SISTEMA		
	1	2	3
Caballote	\$ 5000	\$ 5000	\$ 5000
Pique	100000	.....	.....
Máquina ausiliar	10000	10000	10000
Guias i compartimentos	10000	10000	10000
Máquinas de cables	31000	31000	.....
Ventilador	10000	10000	10000
Tubo	.....	30000	40000
Cables	20000	20000	.....
Máquinas neumáticas	.....	.....	45000
TOTALES.....	\$ 186,000	\$ 116,000	\$ 120,000

Éstos son los costos que tendrian los tres sistemas en Francia.

El cuadro anterior muestra que el primer sistema, con cables i pique nuevo es el mas costoso; que el segundo sistema en el cual se reemplaza el pique ventilador por un tubo, es el mas barato; pero su diferencia con el sistema neumático es solo \$ 4000, mientras que en la renovacion anual de cables exige el segundo la renovacion del gasto de \$ 10000. A mas, el sistema neumático tiene para el caso especial de que hablamos las ventajas siguientes:

1.º Avanza en cinco años la fecha en que el pique Hattinger debe ponerse en explotacion.

2.º Contribuye poderosamente a la ventilacion i disminucion de temperatura.

3.º Permite bajar a mayores profundidades.

4.º Realiza una economía anual de diez mil pesos por no usar los cables i da mas seguridad que este sistema.

5.º Permite hacer una estraccion superior a la que se hace con los cables.

6.º Deja el piqué libre, lo que permite circular para revisarlo con facilidad, ora para hacer reparaciones, ora para abrir nuevas canchas de explotación, o finalmente, para profundizar el pique sin perturbar la extracción.

7.º Utiliza mejor la fuerza gastada, la que puede reducirse aún al 50 % si hace uso de dos tubos conjugados.

Con todas estas cualidades, natural es que el porvenir pertenezca a los piques atmosféricos.

Santiago, julio de 1873.

PUENTES I CALZADAS.—De las construcciones en Inglaterra.—Observaciones i estudios hechos en este país desde mayo hasta setiembre de 1872, presentados al Ministro de instrucción pública de Chile en virtud de comisión de éste, por el ingeniero civil don Ricardo Fernandez Frias.

I.

MATERIALES DE CONSTRUCCION.

1. *Importancia del estudio de los materiales.*—El estudio de los materiales de construcción ocupa constantemente la atención de los ingenieros. La Inglaterra, a pesar de haber dado en estos diez últimos años toda la preferencia al fierro, que trabaja bajo todas las formas imaginables, examina i reconoce la resistencia de los demás materiales de construcción que posee, con bastante provecho para las artes. El hecho de poseer pocos materiales *naturales*, que estudiados ya atentamente, si no del todo, al menos en su mayor parte, no llaman mucho la atención, ha venido a ser para los ingleses de grande importancia para la formación de los *artificiales*, que diariamente presentan bajo formas, naturaleza i condiciones distintas. Todos los materiales, sin embargo, deben ser estudiados atentamente antes de su empleo i examinar su dureza i duración para verificar después sus relaciones con los otros i poder clasificarlos debidamente. Esto dará a conocer, en un caso dado, no solo el