

h_0 , la altura de la sobrecarga expresada en terraplén;
 ε , la relación entre la densidad de los terraplenes y la de la mampostería, y
 m, n, p , los peraltes del intradós, del trasdós y de la línea media de la bóveda;

Las ecuaciones de estas curvas, con relación á la línea horizontal de la carga, serán:

$$y_1 = h_0 + h + e \frac{4m}{l} x^2$$

$$y_2 = h_0 + h + \frac{4n}{l} x^2$$

de donde resulta para la ordenada representativa de las piezas verticales que actúan sobre la bóveda la expresión

$$y = y_1 - y_2 + \varepsilon y_2$$

ó bien

$$y = e + \varepsilon (h_0 + \varepsilon h) + \frac{4(m - n + \varepsilon n)}{l} x^2,$$

que es la forma

$$y = a + b x^2.$$

Por otra parte, si se designa por

H , empuje en la clave;

P , peralte de la línea media;

f , flecha de esta línea $= p l$, y

$G x$ el peso del macizo de la bóveda (incluyendo la carga) comprendido entre el punto que está en la vertical de la clave y el punto de abscisa x ; se tendrá para la línea elástica de la bóveda la relación de equilibrio:

$$H \times f = \int_0^{\frac{l}{2}} G \cdot x \times dx. \quad (1)$$

Pero el peso $G x$ tiene por expresión:

$$G x = \gamma \int_0^x y dx = \gamma \left(a x + \frac{b x^3}{3} \right),$$

siendo γ = peso específico de la mampostería; introduciendo esta expresión en (1) se obtiene la relación.

$$H \times f = \frac{\gamma l^2}{4} \left(a \times \frac{b l^2}{48} \right)$$

que permite determinar la magnitud del empuje. En cuanto á su punto de aplicación varía naturalmente con la posición de la carga y los cambios de temperatura, pero para las bóvedas bien concebidas y cuidadosamente ejecutadas se puede admitir que no sale del tercio central de la junta.

Admitiendo entonces como hipótesis desfavorable, que tiene en cuenta todas las variaciones posibles, que el empuje actúa al tercio de la junta, tendremos designando por p la solicitación admitida para las mamposterías.

$$2 H = e p,$$

y por tanto

$$e p p = \frac{\gamma l^2}{2} \left(a + \frac{b l^2}{48} \right).$$

Sacando el valor de e y teniendo en cuenta las anteriores anotaciones y añadiendo al resultado una constante igual á 0,15 como coeficiente de construcción se llega á la expresión definitiva para espesor en la clave:

$$e = \frac{\gamma l [\varepsilon (h_0 + h) + \frac{1}{12} (m - n + \varepsilon n) l]}{2 p p - \gamma l} + 0,15 \quad (2)$$

Para tener una fórmula aplicable á los casos comunes de la práctica, es decir, para arcos de círculo, arcos carpaneles, etc. se atenderá al principio muy conocido referente á las bóvedas cargadas verticalmente, según el cual el empuje de la clave varía—para la misma carga en la clave—proporcionalmente al radio de curvatura correspondiente. Pero el radio de curvatura de la parábola considerada anteriormente, tiene por expresión:

$$R = \frac{1}{2b} = \frac{l}{8p},$$

designando entonces por r el radio de curvatura en la clave del intradós (elipse, arco carpanel ó arco de círculo) es suficiente multiplicar la fracción que figura en el segundo miembro de la fórmula (2) por la relación: $\frac{r}{R} = \frac{8 p v}{l}$ para tener la fórmula que conyene á las bóvedas que afectan estas formas.

La fórmula, por tanto, aplicable á todas las bóvedas, es

$$e = \frac{8 r \gamma [\varepsilon (h_0 + h) + \frac{1}{12} (m - n + \varepsilon n) l]}{2 p p - \gamma l} + 0,15.$$

La curva representativa de esta ecuación admite una asíntota vertical, lo que se podía prever *a priori*, porque siendo la resistencia de los materiales limitada, hay forzosamente un límite en la luz del que no se puede pasar por grande que sea el espesor de la bóveda. Es decir, que la fórmula anterior debe dar forzosamente para espesor de la bóveda un valor *infinito* correspondiente á un valor *finito* de la luz.

Esto está conforme, por otra parte, con lo que se sabe ya sobre la variación del volumen de los puentes metálicos, cuando se aumenta la luz del puente.—O.

LA MAQUINARIA PARA SONDEOS EN LOS ESTADOS UNIDOS

Transcribimos de nuestro colega el *Boletín de la Sociedad de Fomento Fabril*, de Santiago de Chile, el siguiente informe que el Sr. D. Félix Ovalle Vicuña ha pasado al Ministerio de Industria y Obras públicas de aquel país como resultado de la comisión que le fué conferida por el Gobierno de la República chilena:

«Sr. Ministro: Por decreto núm. 2.839, de fecha 28 de Agosto de 1905, fui comisionado por el Ministerio de Industria, que V. S. actualmente preside, para estudiar en Estados Unidos de Norte América las maquinarias más modernas ahí en uso de sondajes y su manejo, para ser aplicadas en Chile con ventaja en el estudio de la minería, de los terrenos salitrales y de las corrientes artesianas.

Con el objeto de cumplir la referida comisión, me trasladé á los Estados Unidos, visitando en este país especialmente los Estados de Illinois y Pensilvania, lugares en que más se encuentra en ejercicio el uso de las perforadoras de sondajes.

Visité, además, las principales fábricas donde se construyen las mejores maquinarias de sonda. Éstas son: Pierce Well Engi-

neering and Supply Co., The Star Drilling Machine Co., Davis Calyx Drill Co.

De los estudios hechos y de las experiencias recogidas en aquel país me he formado, Sr. Ministro, la opinión de que la introducción en forma y la aplicación discreta é inteligente de la maquinaria de sondaje en Chile, fomentada en su principio por el Gobierno, sería dentro de poco causa de la mayor riqueza pública, porque con ella se podrían poner, en muy corto tiempo y con poco costo, de manifiesto las enormes riquezas mineras y las abundantísimas sales de toda especie de que está lleno nuestro privilegiado país, y además llegar á la posibilidad de la irrigación espontánea de inmensos desiertos que pasarían así vivificados á aumentar nuestro territorio útil, al mismo tiempo que nuestra escasa población. Ninguna de estas grandes consecuencias pueden escapar á la penetración de V. E. y del Gobierno de la República, por eso no me extiendo más en su consideración.

Los sistemas de maquinaria de sondaje en uso se dividen en dos: los de percusión y los de rotación.

El de percusión se usa principalmente en los terrenos dóciles y los de rotación en terrenos duros.

Creo este último de mayor aplicación en Chile, por la calidad de nuestro suelo, y porque, sin discusión, este sistema es el más rápido.

La maquinaria de sondaje rotativo se divide aún en máquinas de taladro con «corona de diamantes» y en máquina de taladro más moderno é ingenioso, cuya corona de perforación está compuesta de un círculo de pequeñas bolitas de sustancias sumamente duras, como el esmeril, ó endurecidas, como el corundón, el acero crómico de Tasmania, el carborundo y el acero atomizado en la fundición. Estas últimas maquinarias tienen la gran ventaja del poco costo del material perforador, de su fácil y continua reposición y de que en ningún caso este material puede ser causa de interrupción ó ruina de la empresa del sondaje, como sucede en las perforadoras de diamantes, cuando los diamantes de la corona se quiebran ó se zafan, lo que ocurre muy á menudo.

Por otra parte, la perforación rotatoria con corona de diamantes tiene el inconveniente de la dificultad del montaje de los diamantes, el que puede decirse que forma una verdadera ciencia ejercitada por artesanos especiales, lo que tuve ocasión de ver en una fábrica en Brooklyn.

Las perforadoras de diamantes no se usan en los Estados Unidos sino en los reconocimientos horizontales en los cuales es fácil sacar los diamantes quebrados ó salidos de la corona.

En las perforaciones verticales, que serían las de mayor necesidad en Chile, no se pueden extraer los diamantes perdidos y sería muy frecuente la pérdida absoluta de todo el trabajo hecho.

Dado lo anterior, me he decidido á recomendar á V. S. las nuevas máquinas de perforación rotativa por medio de coronas de bolitas, y entre éstas la de acero atomizado y de temple brusco, que son las que están más en uso en los Estados Unidos, y se deben á la ingeniosa invención de la casa de «Davis Calyx Drill Co.»

He visto funcionar durante muchos días una de estas maquinarias con la mayor facilidad y resultado en el pueblo de Astoria, en un sondaje para buscar petróleo á 2.000 pies de hondura, perforando á razón de 7,50 m. al día de diez horas de trabajo.

El diámetro del taladro era de ocho pulgadas y la maquinaria iba sacando el cerro perforado en trozos sólidos ó bastones de igual diámetro y de un largo de 4,05 m.

Estos trozos ó bastones, van dando á conocer la geología de la parte perforada, y quedan cuidadosamente guardados como la historia de la formación de la comarca.

Estas perforadoras llamadas de «balas» se construyen de distintas dimensiones, desde un diámetro de pulgada y media hasta diez pulgadas.

La maquinaria es muy sencilla.

Su manejo se hace adaptándolo por medio de una correa un

motor de cualquier clase. La perforadora de mayor diámetro y poder no necesita sino una fuerza de ocho caballos de vapor.

Su ejercicio necesita una corriente de agua suministrada por una bomba que produzca 40 galones por minuto, pero esta misma agua puede volverse á usar en los lugares donde el agua no es abundante.

El gasto de balas tratándose de rocas de dureza común es de diez libras (Lbs. 10) por cada cien piés de perforación, subiendo hasta cincuenta libras (Lbs. 50) en rocas de extremada dureza.

Los precios de esta maquinaria varían según la dimensión que se quiera usar y la profundidad á que se quieran llevar los reconocimientos. De las tres marcas á que me he referido, los precios de la «Davis Calyx Drill Co.» son superiores, más ó menos, en 500 pesos oro americano, á las otras dos; pero, á mi juicio, vale la pena hacer el gasto.

Los precios de la «Pierce Well Engineering Co.» y de la «Star Drilling Machine Co.» son como sigue:

	Pesos oro.
Maquinaria para taladrar 2.000 pies, precio neto puesto á bordo en Nueva York.....	2.792,65
Maquinaria para taladrar de 3.000 á 500 pies, precio neto, incluyendo todos sus útiles, puesta á bordo en Nueva York.....	3.861,25
Maquinaria para 2.000 pies con aparejo de madera puesto á bordo de Nueva York.....	2.292,65

Todos los repuestos de estas maquinarias se pagarán aparte.

Para la minería de Chile tendría la aplicación de estos taladros una ventaja inapreciable, porque podría el mismo taladro hecho con el barreno servir para la facción del pique mismo de trabajo y de extracción de la mina, aprovechándolo de la manera siguiente: hecho el taladro hasta la hondura que lo exigía el reconocimiento y encontrado el beneficio que se buscaba, se taconeaba con arena todo el largo ó sea toda la hondura del agujero de perforación, menos la parte superior que correspondía á un gran tiro de dinamita, supongamos un metro y medio. Este espacio se carga y se hace estallar exactamente como un tiro cualquiera, teniendo que hacer un gran efecto en correspondencia con la anchura del taladro y la cantidad de explosivo que admita. Luego, con tiros de barrenos á mano, se cuadraría el espacio suficiente para el pique, y en seguida, sacando del gran taladro de la perforadora con facilidad la arena correspondiente á otro metro y medio ó lo que sea necesario, se prosigue de igual modo cargándolo de nuevo y haciendo explosiones sucesivas.

Así, la minería contaría con los factores de enorme riqueza en el trabajo:

1.º La seguridad de trabajar sin albur, porque se iría en persecución de riquezas encontradas; y

2.º La ganancia en tiempo y en economía de trabajo, porque el costo de los piques y labores se reduciría infinitamente, y los problemas de las minas serían aprovechados con holgura durante la vida de un empresario.

Estimando haber cumplido la comisión con que fui honrado, quedo á las órdenes del Ministerio y solicito de V. E. se sirva ordenar el cumplimiento del decreto núm. 2.239 en la parte que dedica 2.000 pesos para mi subsistencia en Estados Unidos, pues no habiendo recibido aún esta suma; tuve que hacer créditos personales que me es indispensable satisfacer á la mayor brevedad posible.

Dios guarde á V. E.—*Félix Ovalle Vicuña*.—Á S. S. el señor Ministro de Industria y Obras públicas.