

La perforacion de las galerías de avance en los túneles en roca.

POR

W. L. SAUNDERS

(Traducción)

New York, N. S., Febrero de 1909.

Las líneas siguientes se ocupan especialmente de la perforacion de galerías de avance. Algunas veces, las galerías de avance vienen a constituir túneles propiamente tales, lo que sucede cuando a estas galerías se les da la seccion del túnel definitivo.

Si el diámetro del túnel no excede de 10 pies (3,05 m) conviene perforarlo por medio de una simple galería de avance, siempre que la naturaleza del terreno lo permita, pero cuando los túneles son de gran seccion, conviene abrirlos por medio de galerías de avance i banquetas. Influye mucho la calidad del terreno, pues si este es blando, el túnel se puede construir haciendo una galería de avance de toda la seccion.

En las minas, los túneles, piques, galerías, etc. son jeneralmente de pequeño diámetro; por eso se les da a las galerías de avance una seccion igual a la del túnel definitivo. Los túneles de drenaje i las entradas principales a minas de carbon, en las cuales las condiciones son parecidas a las de los túneles ferroviarios se perforan como túneles de gran diámetro.

Seguramente no hai otro trabajo de escavacion en roca mas difícil i mas caro que la apertura de galerías de avance. Su realizacion simplifica considerablemente todo el trabajo que queda por hacer.

Es fácil ensanchar una galería de avance hácia arriba, abajo o en sentido lateral, abriendo hácia ese lado agujeros de direccion mas o menos normales a la del eje de la galería de avance o bien se abren galerías paralelas a la principal estrayendo los escombros por esta última. Este desmonte se hace con banquetas, procedimiento que presenta pocas dificultades i exige un mínimum de explosivos

La fig. 1 muestra la disposicion corriente de los agujeros para los tiros. Despues de esplotar los tiros centrales i los primeros periféricos, el aspecto del frente de ataque es el de la fig. 2. Se ve ahí la segunda série de agujeros periféricos conectados con alambres, en punto para producir la esplosion.

La fig. 3 muestra en planta i en elevacion las condiciones típicas bajo las cuales se procede al ensanche de la galería. Este ensanche se hace con mucho menor gasto que la apertura de la galería de avance, debido a que se puede dar a los agujeros una ubicación mas conveniente.

En la apertura de los túneles la rapidez de ejecucion predomina sobre todas las demas consideraciones. El túnel es improductivo i sin valor miéntras no está terminado i el capital invertido en su construccion no gana interes durante este tiempo. Durante la construccion del Simplon se ofrecieron premios de mas de \$ 1 000 000 por procedimientos que acortaran el tiempo de ejecucion.

El Simplon es el túnel mas largo i mantiene el record en la rapidez de construccion de las galerías de avance.

La rapidez de avance depende de la eficiencia del sistema i aparatos de perforacion i de la manera de hacer esplotar los tiros. Tambien la naturaleza de la roca influye en la rapidez de avance. Una roca dura que se quiebra fácilmente es mas favorable que un material blando i tenaz. El avance depende tambien del clivaje de la roca, de fallas, capas auríferas, gases, fuentes calientes etc.

La perforacion de las galerías se debe ante todo a la accion de la perforadora. Sin embargo se le da importancia exajerada. El sistema de perforacion usado tiene igual influencia. La mejor perforadora puede fallar si está mal montada.

Los records estrordinarios alcanzados con perforadoras hidráulicas en el Simplon han sido atribuidos siempre a la eficacia de las perforadoras. En este túnel se avanzaba a razon de 20 pies (6 m) por dia, siendo el material roca dura, i en túneles americanos rara vez el avance es mas de 10 pies (3 m) por dia. Se dice jeneralmente que un túnel de simple via, perforado simultáneamente por ámbos extremos, avanza a razon de una milla por año.

Pero esto sólo es un término medio.

En los Alpes se avanzó a razon de 2 millas por año. Se verá mas adelante que los records alcanzados en el Simplon, se obtuvieron tambien en el túnel Loeselberg actualmente en construccion.

En este túnel se trabaja con perforadoras americanas de percusion, montadas sobre carros semejantes a los usados en el Simplon.

Se puede decir que el descubrimiento de la pólvora i de la dinamita han sido los acontecimientos que mas han influido para facilitar la perforacion de túneles. Influencia análoga tienen las perforadoras a vapor.

Antiguamente se usaban herramientas de mano o bien se calentaba la roca i se enfriaba bruscamente con agua fria, lo que provocaba su ruptura.

Una historia completa de los túneles desde el tiempo de Ramses II se encuentra en la obra clásica de Dricker «*Tunecling, Explosive Compounds and Rock Drills*» (1818).

Records de los americanos en la construcción de túneles

La lista que va a continuacion contiene los principales records alcanzados por los americanos (2) en la construccion de túneles.

En algunos casos el record se refiere al túnel completo. en otros solo a la galería de avance. Pero como una galería de avance es en esencia un túnel, los hemos incluido en la lista.

Las cifras indican el avance mensual.

Musnetcong, N. 3, 1872.....	144	pies (43,8 m)
Nesquehoning, Pa., 1871.....	165	» (50,2 »)
Hoosac, Mass, 1865-1873.....	184	» (56 »)
Busk, Colo, 1890-1893.....	202,5	» (61,5 »)
Stampede, Wasch., 1886-1888.....	274	» (83,4 »)
Cascade, Wasch., 1897-1900.....	301	» (91,7 »)
Aspen, Wyo, 1901.....	306	» (93,2 »)
Bitter Root Mts, 1908.....	340	» (103,6 »)
Kellog, Idaho, 1898.....	345	» (105,1 »)
Raton, Colo., 1907..	412	» (125,5 »)
Sutro, Nev., 1869-1877.....	417	» (127 »)
New Croton Aqueduct, 1877: En 1 semana.	127	» (38,6 »)
Gunnison, Colo., 1908.....	449	» (136,8 »)
Elizabeth Lake, Colo., 1908.....	466	» (142 »)

Otro record para este túnel es: 527 pies (160,5 m) cuando el túnel se terminó en Noviembre de 1908.

No hai seguridad si el record del Sutro se refiera a una o a ambas galerías de avance. Ademas, aun pasando por alto las diferencias en los métodos de trabajo, el túnel Raton se puede comparar dificilmente con los otros, pues el material era tan blando que la mayor parte de la perforacion se hacia con dragas a vapor. El túnel fué revestido con una capa de concreto de 2 pies (61 cm) de espesor.

El record de 127 pies en una semana que se logró en el New Croton Aqueduct, se debió a un esfuerzo extraordinario hecho con el único objeto de alcanzar un record. Se hizo sin tomar en consideracion el gasto de explosivos. Yo estaba al cabo del asunto i sé que la curva de avance, aunque representa exactamente el trabajo

hecho, no merece fé cuando tratan de probar lo que bajo circunstancias semejantes puede avanzarse.

Se puede ver en ese gráfico que durante las semanas siguientes a aquella en que se alcanzó el máximo, el avance decae a la mitad.

El record alcanzado en el túnel que atraviesa los Bitter Root Mountains, perforado por Winston Bros C.^o, es probablemente el primero de los obtenidos en los túneles ferroviarios americanos abiertos segun toda su seccion en roca dura. Este túnel fué perforado por el sistema de galería de avance superior.

La seccion del túnel es un rectángulo con un arco de medio punto. El ancho es de 21,33 pies (6,41 m), la altura hasta el arranque de las bóvedas 15,25 pies (5,33 m) i hasta la clave 25,92 pies (7,90 m); roca cuarzosa ligeramente laminada. En los seis meses, a contar desde Junio de 1903 los promedios fueron:

Galería de avance del este: 289,3 pies (88,2 m) mensuales; galería del oeste: 281,2 pies (85,7 m) mensuales; ámbas galerías, 570,5 pies (173,9 m); escavacion con banquetas, en ámbos estremos, 632 pies (192,6 m).

El avance medio en ámbos estremos durante los primeros 11 meses de 1908 fué de 537,6 pies mensualmente. Este túnel está revestido completamente, salvo los primeros 1 302 pies (397 m) de la estremidad poniente. La seccion trasversal libre es de 18,6 pies (5,64 m) por 25 pies (7,62 m).

Uno de los puntos mas interesantes es talvez el incremento del avance a medida que la obra adelantaba. Así tenemos:

Galería de avance	{ Un estremo: Junio 333 p. (101,4 m); Nov., 340 p. (103 m).
	{ Ambos estremos: Ag. 628 p. (191,3 m); Nov. 608 p. (184,2 m).
Avance con banquetas	{ Un estremo: Ag. 415 p. (126,5); Nov. 527 p. (160,5 m).
	{ Ambos estremos: Junio, 634 p. (193,2); Nov. 855 p. (240,5 m).

En la galería de avance poniente no se adelantó durante la última semana de Noviembre debido a que el terreno presentó una falla que exigió un cambio de procedimientos de escavacion.

Si la tasa de avance se hubiese mantenido durante este tiempo con su valor primitivo, la perforacion total habria alcanzado a 674 pies (205,3 m).

No hai que olvidar que cada uno de estos túneles difiere de los demas en mayor o menor grado. No se pueden deducir, por esto, conclusiones terminantes de la comparacion de las cifras del cuadro.

Los dos últimos túneles de la lista son los que admiten con mayor probabilidad una comparacion entre sí. Fueron perforados por métodos distintos, lo que hace mas interesante esta comparacion. Ambos están contruidos en roca granítica i tienen una seccion de mas o menos 12×12 pies ($3,66 \times 3,66$ m). El túnel Grunish se perforó por medio de una galería de 6×12 pies ($1,83 \times 3,66$ m). El túnel Elisabeth

Records europeos

Están ordenados segun los valores ascendentes de los avances mensuales.

El record mas elevado alcanzado en Europa, no solo presenta cifras mas altas que las alcanzadas en América sino que se mantiene tambien con cifras próximas a ésta, durante meses enteros.

En algunos de los ejemplos que siguen se dan los records de algunos meses sucesivos:

Mont Cenís, 1857-1870: 297 pies (90,4 m)

St. Sothard, 1822-1881: 436 pies (132,9 m)

Ricken, 1903: 452; 461; 413; 358 pies (137,7; 140,5; 161,5; 107,8 m)

Trabajando con perforadoras a mano:

Bosruck, 1902-1905: 546; 526 pies (166,3; 160,2 m)

Karawanken, 1880-1883, galería oriente: 556; 594; 610; 613; 637 pies (169,4; 180,9; 185,8; 186,8; 197,1 m)

Perforadoras a percusion:

Arlberg, galería poniente: 509; 527; 625; 641 pies (155; 160,5; 190,4; 195,3 m)

Perforadoras hidráulicas rotatorias:

Albula, 1900-1902: 558; 607 pies (169,9; 184,9 m)

Tanera: 555; 574; 538; 558; 551; 592 pies (169; 163,9; 169,9; 167,8; 180,3 m)

Simplon, 1900-1905, galería norte: 682,2 pies (207,9 m)

Simplon, galería sur: 685,5 pies (208,9m). Es el record mundial.

(Continuará)