

Fig. 1.—Excavadora continua «Marietta».

perforación de galerías sin empleo de explosivos

GEORGES VIÉ, ingeniero de minas

579-10

sinopsis

La perforación de galerías presenta distintos problemas según la naturaleza del terreno y la ubicación de la obra. La imposibilidad de emplear tiros de mina en perforaciones bajo zonas urbanas, da lugar al empleo cada vez más frecuente de la maquinaria auxiliar conocida como excavadora continua, que ha tenido ya un buen campo de experiencia en las explotaciones mineras.

Las características de estas máquinas pueden ser modificadas y perfeccionadas de acuerdo con el tipo de perforación.

El autor describe algunas variantes empleadas en Europa y América, recogiendo aquellos datos que puedan ser interesantes con vistas a la elección de uno u otro tipo.

La mecanización de las obras lleva consigo un aumento importante en los rendimientos obtenidos, al mismo tiempo que reduce el esfuerzo físico del obrero y le proporciona mayor seguridad en su trabajo.

En perforaciones bajo zonas urbanas no se pueden emplear tiros de mina, como consecuencia del peligro que representan las vibraciones del suelo para los edificios próximos. Para salvar esta limitación se pensó adaptar, a este tipo de obras, la maquinaria auxiliar, conocida como «excavadora continua», que se estaba empleando en explotaciones mineras de carbón para perforar galerías con secciones tipo de 1,80 m de altura por 3 m de ancho.

La «excavadora continua» Marietta (figs. 1 y 2), utilizada en las minas de Bruay (carbones del norte de Francia), ha demostrado su eficacia con tal de adaptar su potencia y velocidad de corte a la naturaleza de los terrenos atravesados, que en las proximidades de las capas de hulla suelen ser esquistos más o menos blandos y arcillosos.

El dispositivo de corte está formado, en esencia, por dos brazos giratorios, cada uno de los cuales abre cuatro rozas concéntricas de 8 cm de ancho. El terreno que queda entre ellas es abatido posteriormente

por unos rodillos de destroza. Dos cadenas cortantes transforman la sección inicial en una sección rectangular con las dimensiones previstas (por ejemplo: $1,82 \times 3,20$ m). Los brazos giratorios acercan los escombros al centro de la galería, donde un transportador de rodillos los conduce al extremo posterior de la máquina vertiendo sobre una «cola» que puede ser orientada y levantada.

La máquina va montada sobre orugas, y su desplazamiento se realiza por empuje sobre las paredes de dos gatos horizontales emplazados en su parte posterior. Los brazos rotativos y las cadenas se accionan con dos motores de 50 caballos con reductor único. Un motor de 50 caballos se acopla con tres bombas que suministran la energía hidráulica necesaria para el funcionamiento de las orugas y el transportador.

Su peso total es de 40 t. El empuje teórico mediante las orugas es de 20 t, y puede aumentarse con los gatos hasta 40 ó 45 t, siempre que lo permitan la naturaleza del suelo y las paredes de la galería. La frecuencia de rotación de los brazos es de 10 vueltas/min. Las herramientas de perforación son unos picos revestidos con carburo de tungsteno que giran con velocidad máxima de 0,93 m/s. El diámetro medio de la roza externa es de 1,76 metros.

En roca de dureza media el avance viene a ser de 6 cm/min; por cada metro de avance los picos recorren, respectivamente, 920, 607, 314 ó 130 m, según las rozas que abren. Los picos exteriores son los que sufren mayor desgaste.

La perforación se completa con las cadenas, cuya velocidad es de 0,57 m/s. Las cadenas van provistas de 40 y 43 porta-picos.

Cada pico perfora 2 mm, aproximadamente, en cada vuelta para el avance tipo de 6 cm/min. Las cadenas pasan sobre cuatro poleas de transmisión, dejando en el frente un pedazo de terreno sin excavar de dimensiones reducidas que salta normalmente.

Con los últimos modelos de excavadora continua tipo Marietta, cuyos pesos se aproximan a las 60 t y con potencias del orden de 600 caballos, las velocidades de avance pueden ser de 50 a 80 cm/min en carbón o esquistos blandos y de 10 a 20 cm/min en potasas. En formaciones geológicas de durezas comparables los avances serían aproximadamente los mismos.

En las minas de hierro de Lorraine se experimentará en 1968 una excavadora continua de 1.000 caballos de potencia y 100 t de peso, con un frente de ataque de 4 m de diámetro. Están en fase de estudio máquinas capaces de perforar galerías en roca de 6 m de diámetro, que repercutirán decisivamente en los trabajos de ingeniería civil.

La firma americana Joy construye tres tipos de excavadoras continuas: excavadora de cadenas, excavadora de brazos giratorios y excavadora de discos oscilantes.

La excavadora de cadenas (figs. 3, 4 y 5) (RIPPER MINER) realiza la destroza del frente con una cabeza cortante equipada con una banda de cinco cadenas cuyos eslabones van reforzados con carburo de tungsteno. La cabeza está dotada de tres movimientos:

- posterior-anterior, facilitando la penetración de la cabeza en el terreno en una profundidad aproximada de 0,50 m;

- inferior-superior, excavando una franja del terreno con el ancho de la cabeza (1 m aproximadamente);

- de derecha-izquierda y viceversa, recortando el ancho de la galería mediante pasadas sucesivas.

Finalmente, la cabeza dispone de un mecanismo de recogida con brazos rotativos. Los productos excavados son conducidos a un transportador de rodillos, bien directamente por la capa de cadenas cortantes o bien por los brazos de recogida. La máquina se desplaza sobre orugas. En Obras Públicas la forma de los túneles a excavar varía de la sección circular a la rectangular, pudiendo ser adaptadas las máquinas a cualquiera de ambas secciones.

Se ha perforado un túnel en esquistos en Cleveland donde era imposible el empleo de tiros de mina. Se estudió la posibilidad de utilizar estas máquinas en los trabajos del Metro Express de París y, a pesar de haberse reconocido sus ventajas, se ha optado finalmente por la excavadora continua Robbins (fig. 6) construida en Seattle (Estado de Washington) U.S.A.

Está formada por una perforadora horizontal montada en un escudo protector; la cabeza fresadora es una corona de 10,28 m de diámetro, en cuyo frente se disponen las herramientas de excavación que actúan sobre el frente de ataque cortándole según círculos concéntricos.

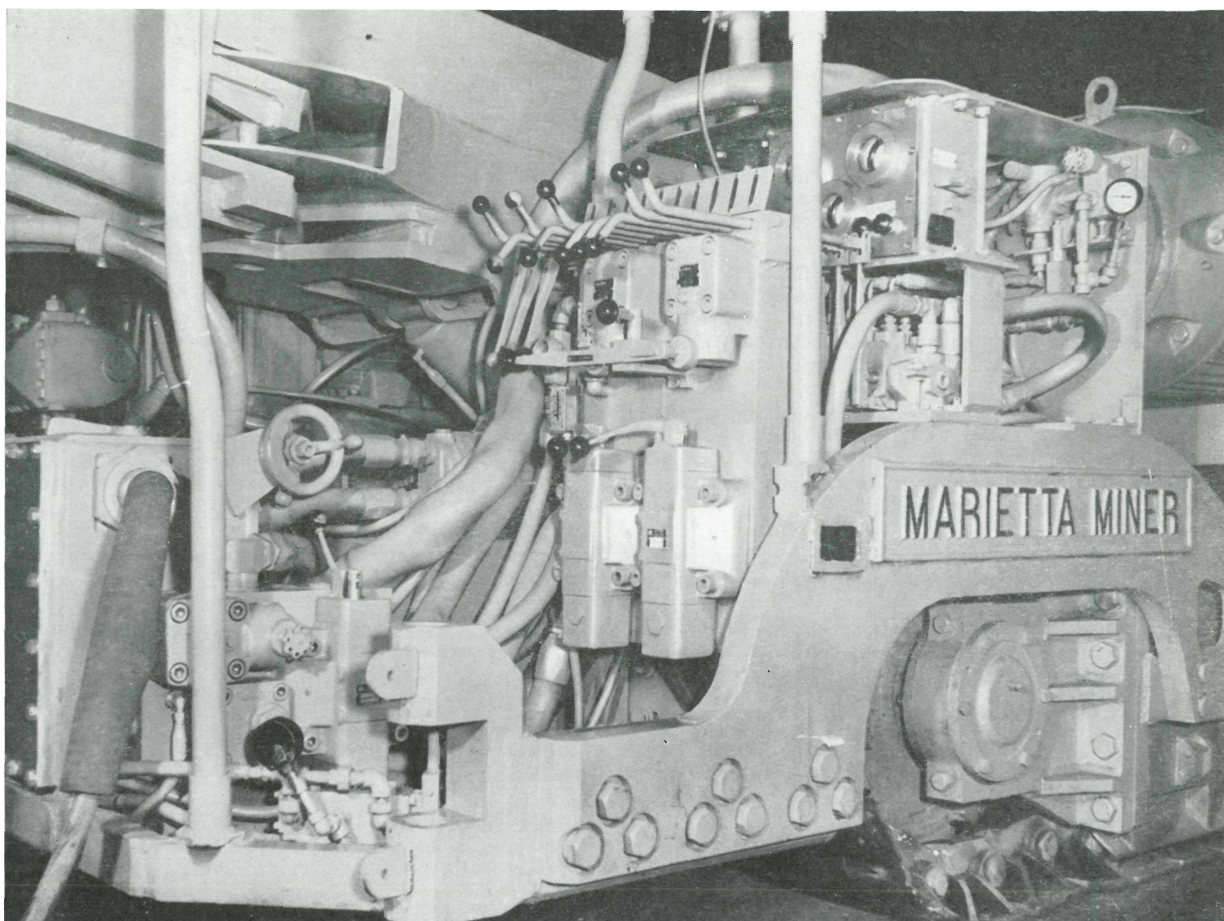


Fig. 2.—Detalle del cuadro de mandos de la excavadora «Marietta».

En terrenos duros la excavación se realiza mediante rodillos, mientras que en arenas más o menos compactas estas herramientas son dientes con puntas de carburo de tungsteno. En el primer caso van soldadas en la cara frontal del disco y en el segundo se montan desde el interior del escudo. Esta última disposición facilita la sustitución, desde el interior, a cubierto de las arenas y del aire comprimido, al que se recurre para mantener la estabilidad del terreno durante el avance.

Cuando se trabaja con aire comprimido los escombros se vierten a un transportador que los lleva a una esclusa (funcionamiento intermitente).

En el tramo Etoile-Neuilly del nuevo Metropolitano de París se enganchaba un transportador móvil sobre vía a la máquina Robbins; su extremo posterior elevaba los escombros y los vertía sobre otro transportador solidario perpendicular a él.

Los escombros eran depositados en una serie de transportadores fijos de tipo clásico, diseñados para el transporte en curva. En Tasmania se ha empleado una excavadora continua Robbins, tipo 161, para perforar un túnel, en esquistos duros, de 4,55 m de diámetro y 4.450 m de longitud, para la Comisión Hidráulica de Tasmania. La potencia de esta máquina es de 630 caballos, de los cuales 600 caballos están destinados a la rotación, con un empuje de 350 a 400 t. El peso total es de 120 t y su longitud 10 metros.

La sección excavada es circular, con diámetro 4,55 m, pero se puede llegar a diámetros de 5,50 y 6,10 m, mediante algunas modificaciones.

La cabeza perforadora está formada por una placa provista de 34 discos rotatorios cuya misión es astillar la roca cortada previamente. La parte central es excavada por dos cortadores simultáneamente con el resto del frente de ataque. Los escombros se extraen por medio de unas cucharas que giran solidarias con la corona, cuyo contenido vierte en una cinta transportadora. La longitud de la cinta está calculada de forma que pueda cargar un tren cuya capacidad sea igual al volumen de escombros producidos por la máquina durante un avance completo sobre sus deslizaderas, aproximadamente 1,15 metros.

En alineaciones curvas el radio mínimo de trabajo es de 30 m. En el caso que se cita (Australia), la máquina estaba alimentada por una línea eléctrica de 415 V con empalmes cada 30 m. Los tramos de 30 m se sustituyen por un tramo único de 180 m cuando lo permite el avance realizado.

La excavadora continua Robbins ha perforado 230 m en 18 turnos de 8 hr con un diámetro de galería de 4,55 m, que corresponde a un avance de 12,60 m por turno. El avance real medio calculado sobre 4.450 m ha sido de 2,7 cm/min, y el avance medio horario de 1,45 m/hr, teniendo en cuenta los tiempos muertos empleados en la colocación de los patines. El máximo rendimiento ha sido de 21 m/día (con 3 turnos), calculado sobre 2.450 m de avance.

La excavadora continua reduce las dimensiones de los sobreperfiles, que vienen a ser de 5 cm sobre el radio, en lugar de 25 cm que se necesitarían utilizando tiros de mina. La reducción del revestimiento en 40 cm equivale a un ahorro de hormigón de 5,7 m³ por metro lineal en una sección excavada de 4,55 m. En 4.550 m de revestimiento el ahorro de hormigón representa 25.500 m³, cuyo coste se aproxima al valor de la máquina.

Otro ejemplo de galería perforada sin emplear explosivos se presenta en el arrabal parisiense en el que se ha utilizado un JUMBO con martillos perforadores (fig. 7).

En el plan de modernización de la red de abastecimiento de agua potable a la zona sur de París, la Compañía General de Aguas ha proyectado instalar una nueva arteria de alimentación de 1,25 m de diámetro, colocada en el interior de una galería visitable.

La arteria proyectada, con una longitud de 2.547 m, atraviesa los términos municipales de Vanves, Issy-les-Moulineaux y Boulogne-Billancourt. La obra, ubicada en zona cretácea, con una profundidad media de 50 m, ha sido adjudicada a Omnium d'Entreprises Dumesny & Chapelle (Ivry).

La sección de la galería excavada es de 12,60 m². En zonas muy pobladas la imposibilidad de usar explosivos dificulta grandemente las excavaciones subterráneas. La solución estriba en mecanizar al máximo la excavación y carga, perjudicando lo menos posible a los edificios y vías próximos.

Se han excavado cinco pozos:

- 1.º Calle Emile-Duclaux, en Boulogne.
- 2.º Calle Jean-Bouin, en Issy-les-Moulineaux.
- 3.º Calle de Estienne-d'Orves, en Issy.
- 4.º Calle Jules-Guesde, en Issy.
- 5.º Calle Doctor Lafosse, en Vanves.

Las distancias entre ellas son, respectivamente:

- 820,79 m (paso inferior bajo el cauce del Sena);
- 381,18 m;
- 924,48 m;
- 420,82 m.

La cota de la galería disminuye en el sentido Vanves-Boulogne, con pendiente máxima de 54,5 mm/m. La perforación de la galería se realiza con martillos perforadores de gran potencia, montados sobre JUMBO de orugas SECOMA, alimentado por una central electro-hidráulica con bomba de caudal variable y motor de pistón con cilindro fijo.

Los brazos laterales son del tipo JTH 1.500 M con siete movimientos, todos ellos con telecomando. Van provistos de martillos perforadores Meudon tipo BR 50 ó BR 70.

La máquina se ha introducido en la galería por el pozo número 3, completando su montaje en la boca inferior. **Sus características principales son:**

- longitud máxima: 13,700 m;
- anchura máxima: 2,430 m;
- anchura del chasis: 2,100 m;

altura máxima en desplazamiento: 2,420 m;
altura libre bajo el extremo del transportador levantado: 1,980 m;
resguardo sobre el suelo: 0,300 m;
peso: 24.000 t;

tren de orugas TP 6 Continental:

carrillada: 1,500 m;
zapatas: 400 mm;
superficie de apoyo: 16.900 cm²;
presión sobre el suelo: 1,42 kg/cm²;
esfuerzo de tracción disponible en las orugas: 11.000 kg;
velocidad: en ambos sentidos, variable de 0 a 12 km/hora.

El JUMBO es, a la vez, cargador con pala y transportador (con rodillos) y constituye una unidad de trabajo completa:

— capacidad de la pala cargadora: 250 l;

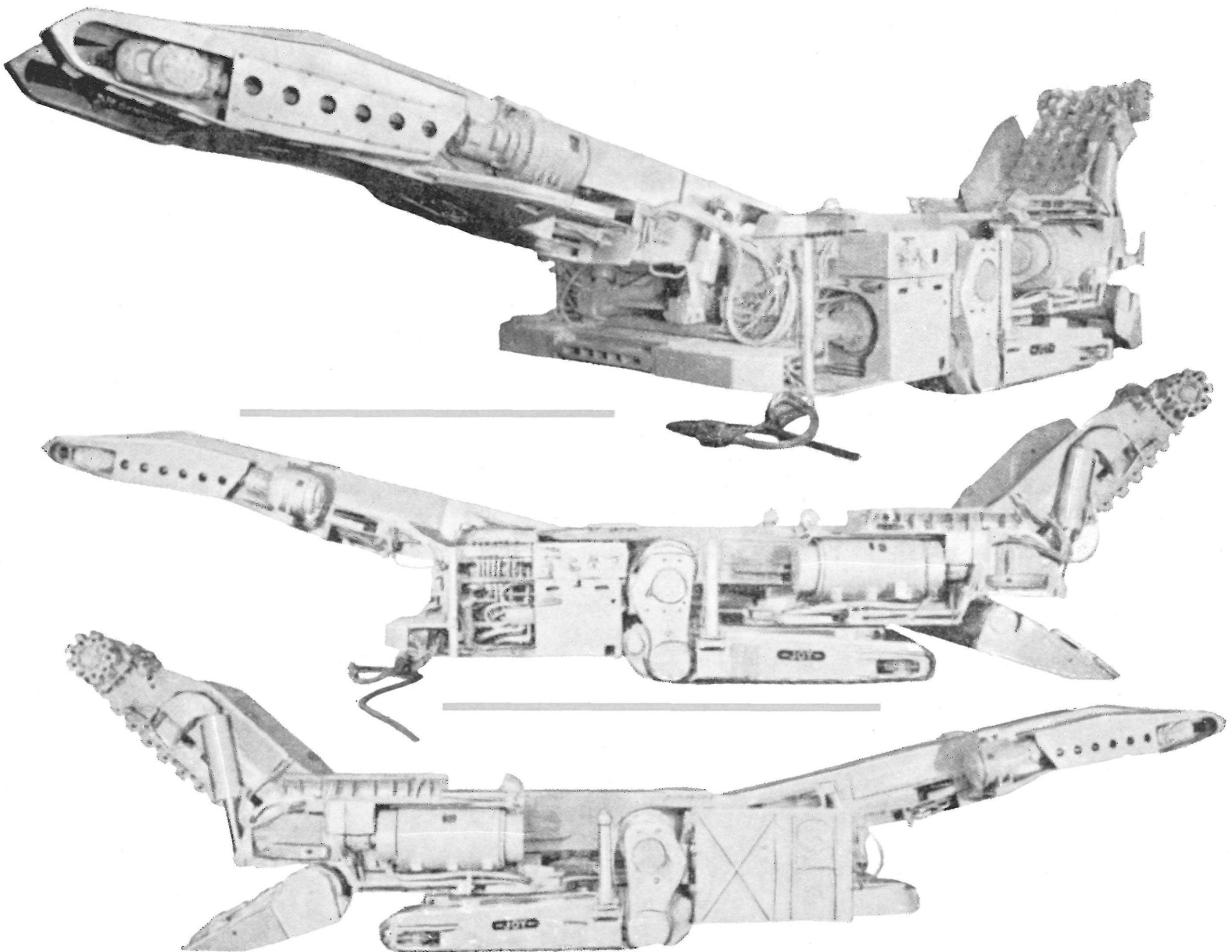


Fig. 3.—Excavadora continua de cadenas JOY.

transportador de rodillos:

ancho: 600 mm;
paso de cadena: 78,1 mm;
rodillos fijos:
velocidad de la cadena: 23 m/min;
rendimiento horario teórico: 170 m³.

brazo de carga:

rendimiento horario teórico en un ciclo de 15 seg: 48 m³;
empuje de la pala: 3.000 kg.

La creta atravesada es un material pegajoso, muy húmedo y con pocas inclusiones de sílex.

El consumo de aire es del orden de 8 m³ por martillo Meudon tipo BR 50, es decir, un total de 16 m³/min. Los mandos de los demás órganos del JUMBO son electro-hidráulicos o eléctricos. La potencia eléctrica total instalada es de 60 ó 110 caballos.

La capacidad de excavación y carga es de 6 a 8 m³/hr de caliza in situ.

En diciembre de 1966 se había avanzado 69 m (89 en enero de 1967) con dos turnos diarios de excavaciones, viéndose entorpecido —el de la noche— por la colocación de la entibación en la galería (cerchas Toussaint-Heintzmann, generalmente sin puntales, con los arranques apoyados en el paramento cretáceo mediante entalladuras y plantillas de madera).

Sobre las capas de creta se encuentran formaciones aluvionarias de distintas épocas y rellenos superficiales cuya constitución geológica facilita la infiltración del agua hacia la galería.

Las paredes van revestidas totalmente de hormigón. Los períodos de perforación y excavación son alternos. Para prevenir eventuales avenidas de agua se efectúan reconocimientos periódicos del frente en una longitud de unos 40 m con taladros horizontales o inclinados 15°.

Las cerchas, sin puntales, tienen un peso de 113 kg (cada puntal pesa 74,3 kg). La separación normal entre ellas es de 1,60 metros.

El avance medio a plena sección era, en marzo de 1967, de 3,50 m por día, previéndose un aumento posteriormente.

El transportador vierte los escombros en recipientes de 800 l de capacidad unitaria colocados por pares sobre unas plataformas que ruedan sobre vía de 0,60 m de ancho con cambio en ambos extremos. La tracción la efectúan locomotoras eléctricas de acumuladores (baterías de plomo de 60 elementos).

El recorrido de las plataformas hasta la boca inferior de los pozos provoca retrasos tanto más apreciables cuanto mayor es la distancia a recorrer.

El JUMBO no puede trabajar a pleno rendimiento.

Los recipientes son llevados a la superficie con una grúa PERNIN de 2 t, que trabaja como máquina extractora.

Se vierten los escombros en dos tolvas metálicas gemelas de 35 m³ de capacidad que, a su vez, alimentan por descarga de fondo a los camiones.

El movimiento de los recipientes se efectúa a razón de 9 por hora.

Los pozos han sido excavados con un diámetro de 3 m con revestimiento de hormigón de 0,60 m de espesor que reduce el diámetro inicial.

El hormigonado de la galería se ha llevado a cabo de la siguiente forma:

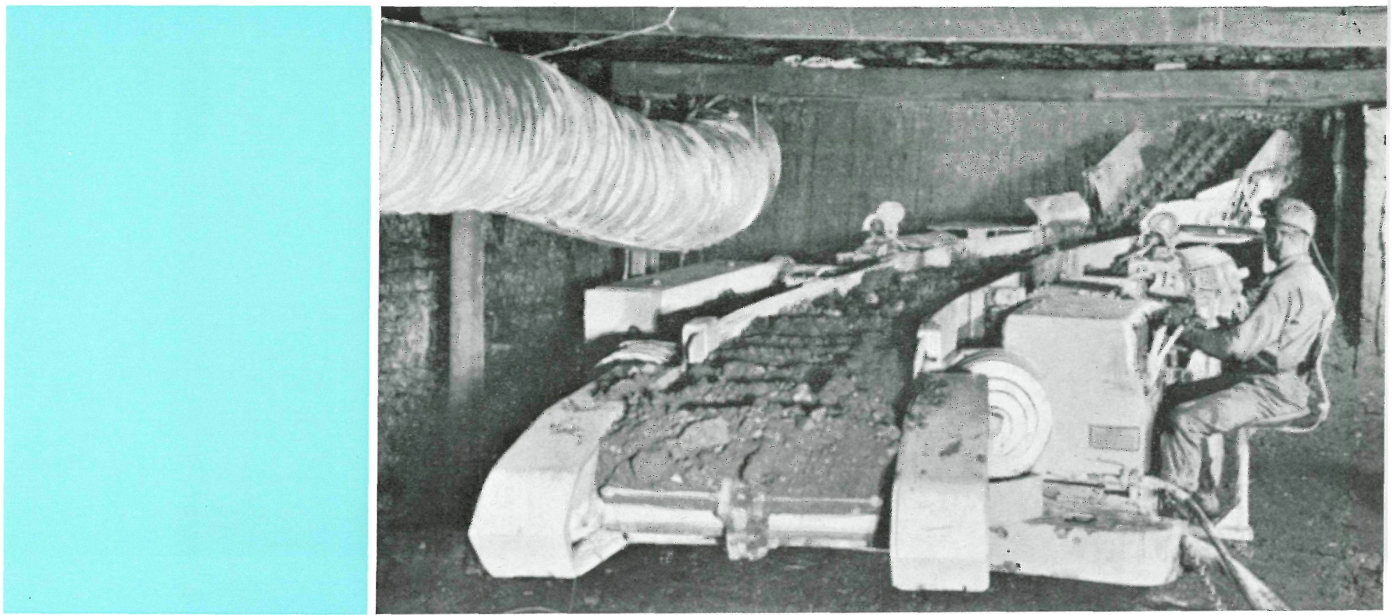


Fig. 4.—Excavadora continua de cadenas JOY.

En superficie, se ha montado una central de hormigonado LAMBERT, cerca de los pozos, que comprende:

- un silo de 25 t que almacena el cemento PMF-1;
- depósitos de arenas y gravas;
- báscula de dosificación;
- hormigonera Richier de 300 l de capacidad con tambor basculante.

La dosificación para cada amasada de 300 l de hormigón (o sea 560 kg) está formada por:

- 60 kg de cemento;
- 300 kg de gravilla;
- 140 kg de arena fina;
- 60 kg de agua.

Se aumenta la permeabilidad del hormigón con la adición de Lancosec y su plasticidad con plasto-plast, facilitando la colocación del hormigón en los encofrados.

El hormigón desciende por gravedad por una tubería de 300 mm de diámetro a través de los pozos. El transporte del hormigón desde la boca inferior de los pozos hasta el «schwing» se realiza con vagoneta basculante sobre plataforma con ancho de vía 0,60 metros.

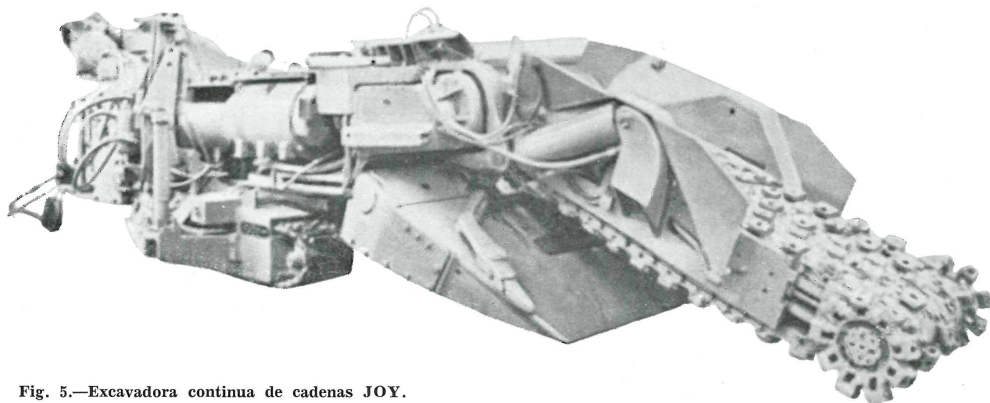


Fig. 5.—Excavadora continua de cadenas JOY.

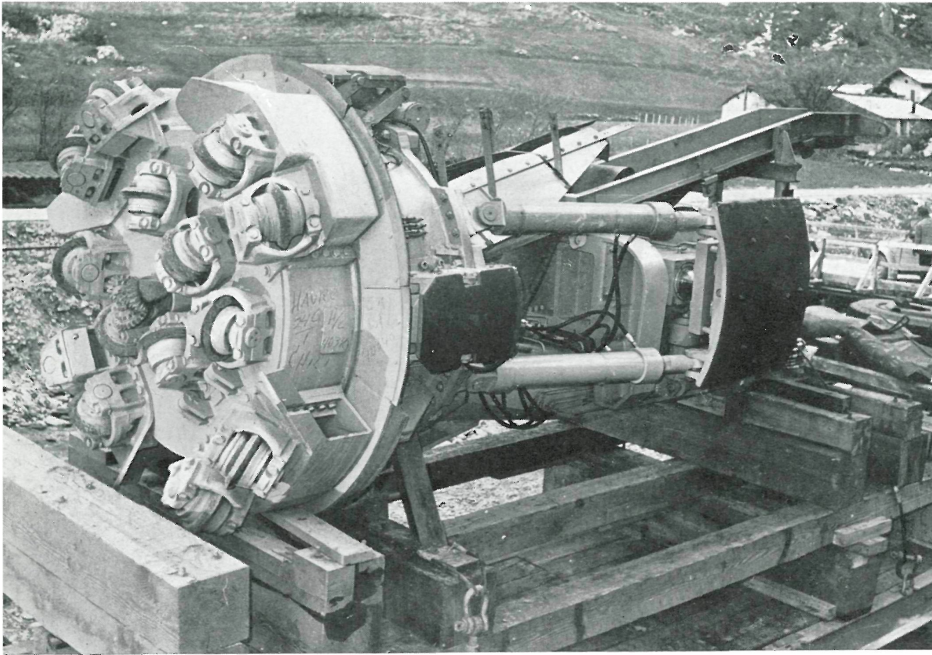


Fig. 6.—Cabeza perforadora de una excavadora continua Robbins.

Los encofrados son sobre pórtico con carriles movidos por gatos hidráulicos. Los elementos de encofrado tienen 5 m de longitud total y 4 m de longitud útil. El hormigonado se efectúa a razón de 5 m por turno. Se hormigona en principio la bóveda, hastiales y solera en una longitud de 50 metros.

Es de destacar que en la ejecución de esta obra bajo el suelo de París se ha perforado la galería sin recurrir a los tiros de mina.

Las limitaciones propias de toda obra en zona urbana y la ubicación del pozo número 3 en el centro de una calle interrumpen la marcha de los compresores y la extracción y carga de los escombros en camiones, después de las 10 de la noche.

La máquina se utiliza parcialmente a causa de la carga esencialmente discontinua.

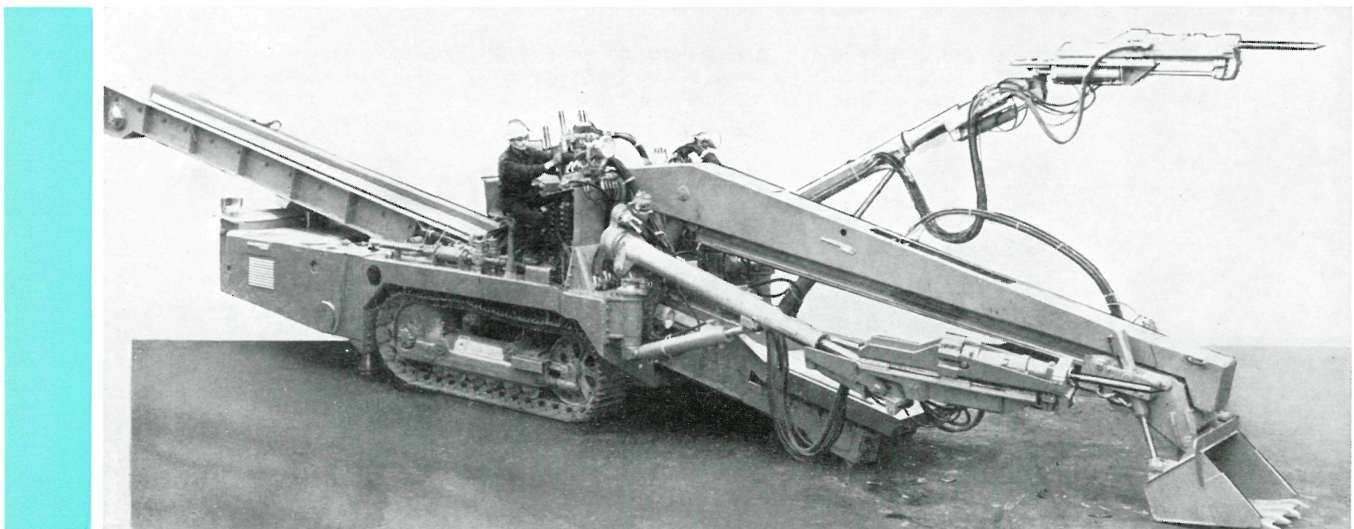
Se puede tomar como rendimiento real en el caso considerado:

96 m³ en dos turnos de 7 hr, es decir, 14 hr de trabajo con dos brazos equipados con martillos rompecasas, que corresponde a un ritmo de excavación de 3,4 m³/hr por brazo   3,4 m³ in situ excavados y extraídos por hombre y hora.

Si la extracción de los escombros se hubiese podido realizar por medio de cintas transportadoras continuas, los avances diarios realizados hubieran sido mucho más espectaculares.

Traducido y adaptado por J. A. Piedra.

Fig. 7.—Jumbo abatidor-cargador SECOMA.



Creusement de galeries sans utilisation d'explosifs

Georges Vié, ingénieur des mines.

Le creusement de galeries pose des problèmes différents selon la nature du terrain et la situation du chantier.

L'impossibilité d'utiliser des tirs de mine pour les creusement en zones urbaines conduit à l'emploi de plus en plus fréquent d'engins auxiliaires dits «mineur continu», dont les premières applications ont été réservées au creusement des galeries en couches de charbon.

Les caractéristiques de ces engins peuvent être modifiées et perfectionnées selon le type de creusement à effectuer.

L'auteur décrit quelques systèmes employés en Europe et en Amérique et fournit quelques données pouvant être intéressantes en vue du choix d'un ou autre type.

Drilling of tunnels with the use of explosives

Georges Vié, mining engineer.

The drilling of underground tunnels involves a number of problems, depending on the type of rock and the location of the work.

The impossibility of utilising frequent vertical shafts under urban zones requires an ever more widespread use of so called continuous excavators, which have already been extensively used in mining projects.

These types of machinery can be modified and improved in accord with the type of tunnelling to be performed.

The author describes some of these specialised adaptations used in Europe and America, and collects information that is useful when selecting the best type of equipment for a particular project.

Durchstich von Stollen ohne Verwendung von Sprengstoffen

Georges Vié, Bergingenieur.

Der Durchstich von Stollen stellt verschiedene Probleme, je nach der Beschaffenheit des Geländes und der Lage der Baustelle.

Die Unmöglichkeit, Bergschüsse bei Durchstichen unter Stadtzonen zu verwenden, gibt immer häufiger Anlass zur Verwendung von Hilfsmaschinen, die als fortlaufende Bagger bekannt sind und in Bergwerksbetrieben bereits schon weitgehend erprobt wurden.

Die Merkmale dieser Maschinen können je nach der Art des Durchstiches geändert und verbessert werden. Der Verfasser beschreibt einige in Europa und Amerika verwendete Varianten und erfasst diejenigen Daten, die im Hinblick auf die Wahl des einen oder anderen Typs von Interesse sein können.