



## **perforación de túneles de grande y pequeña sección**

GEORGES VIÉ, ingeniero de minas

579 - 11

### **sinopsis**

Los ingenieros franceses han estudiado y preparado las máquinas necesarias para conseguir una red de autopistas que reúna las mejores condiciones. El funcionamiento y rendimiento de estas máquinas se ha experimentado en la prolongación de la «Autopista de las Flores» italiana y que va desde la frontera hasta cerca de Niza.

Las máquinas empleadas en la perforación de túneles son del tipo Jumbo, y su tamaño y potencia varía con la sección del túnel a excavar y la naturaleza de la roca. Las condiciones de la obra también pueden obligar a una perforación rotatoria, con colocación de barrenos, o por percusión. Siempre que se pueda, es preferible emplear el primer método.

Los jumbos reciben la energía necesaria por medio de una central hidráulica (de compresión de aceite) auxiliar. Su manejo es sencillo y bastan dos o tres hombres para hacerlos funcionar. Pueden adaptarse a terrenos fuertemente inclinados.

En otros lugares sobre el trazado del «canal de Provence» se han podido recoger los caudales de agua en galería para aliviar la escasez de agua que sufre toda la costa, ya que la configuración del terreno atravesado ha permitido el alumbramiento de grandes cantidades de agua, obtenidas con carácter permanente, gracias a abundantes filtraciones.

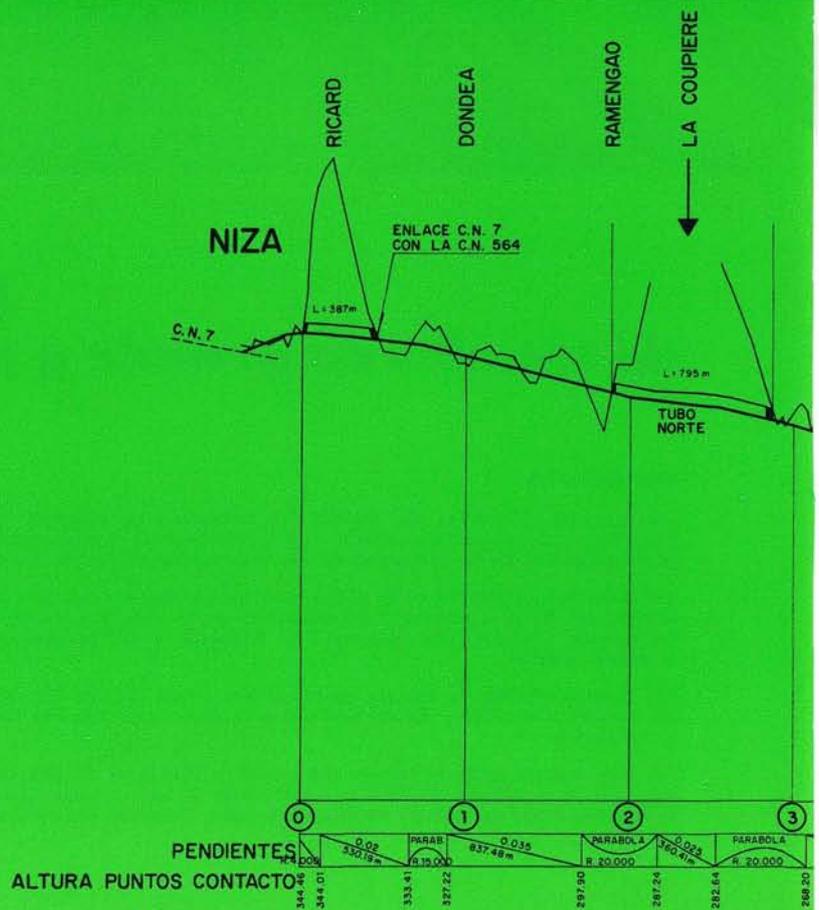


La red italiana de autopistas se halla muy adelantada con respecto a la francesa. Sin embargo, después de muchos años, los constructores franceses han estudiado las máquinas apropiadas para una rápida realización de esta red el día en que la política económica y turística de Francia se oriente en otro sentido.

La naturaleza geológica del relieve italiano ha puesto a las empresas contratantes numerosos problemas, debidos a la extraordinaria variedad de los terrenos encontrados, de los cuales algunos han permitido el avance en toda la sección, mientras que las galerías-piloto eran indispensables en otros.

La firma Ingersoll ha suministrado la casi totalidad de los jumbos puestos en servicio para la excavación de los túneles de las autopistas italianas. El principio de funcionamiento es siempre el mismo: central hidráulica puesta en presión por un pequeño motor de aire comprimido, mandos centralizados, gatos que permiten, ya el movimiento de traslación de la corredera

Galería de San Hipólito, al norte de Aix en Provenza. Tren de berlinas cargado por la cinta transportadora. El extremo de dicha cinta está soportado por una berlina vacía.



perfil

por restitución a su silla de apoyo para acarrearla al contacto del frente de ataque, ya la regulación de la inclinación de la corredera por restitución a su brazo.

Según las secciones adoptadas, los jumbos pueden golpear superficies de 4 a 10 m<sup>2</sup>, de 10 a 50 m<sup>2</sup> o de 30 a 100 m<sup>2</sup>, recibiendo, respectivamente, los nombres de mini-jumbo, T-jumbo y Brokke-jumbo. Este último va dotado de cuatro brazos Hydro-Boom HBE.103 de tipo extensible, con supermartillos D.475.

Para la autopista de la Riviera Ligure (tramo de Piani de Camprorosso), en la provincia de Imperia, cerca de la frontera francesa, los dos sentidos de circulación pasan por túneles paralelos.

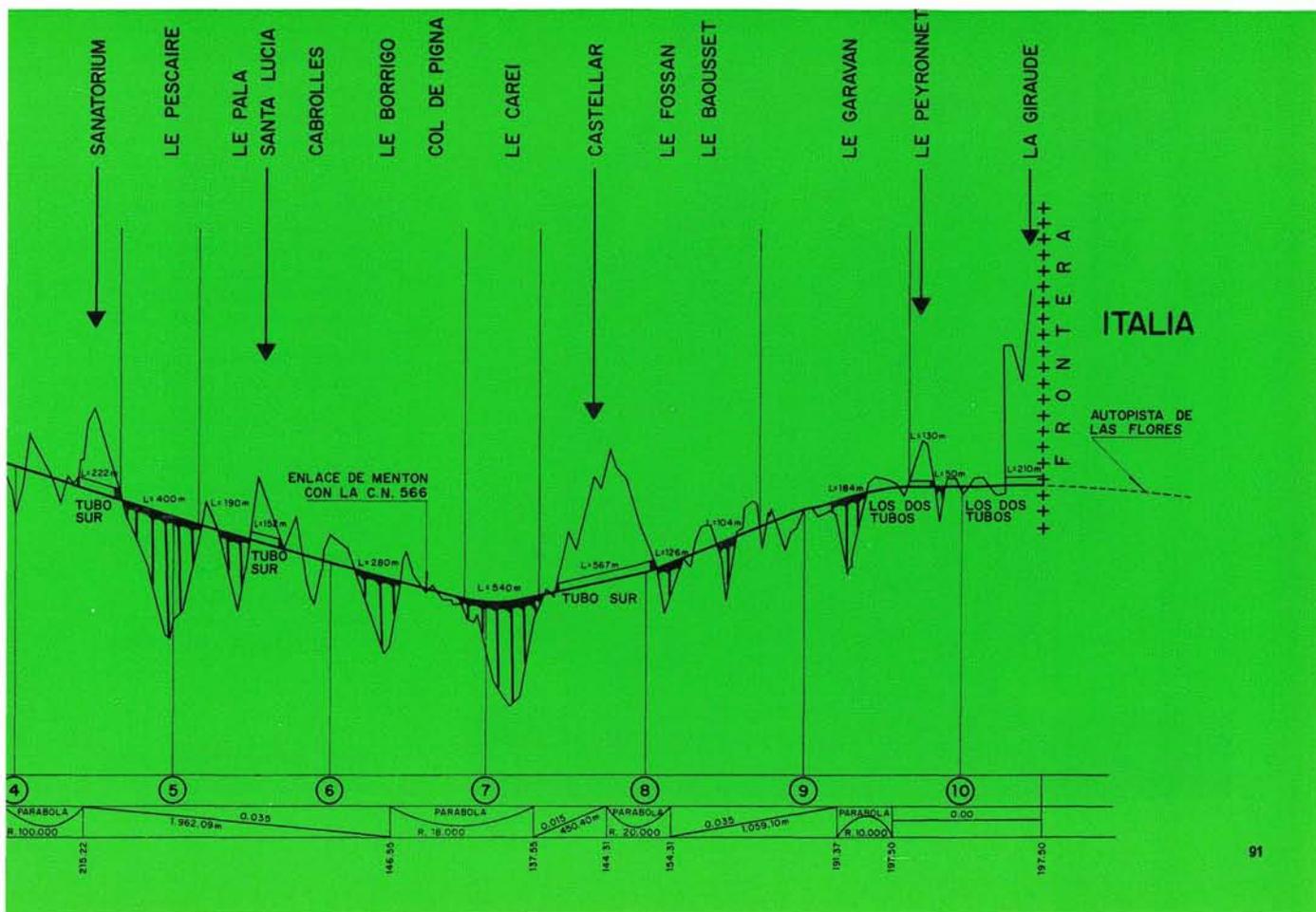
La heterogeneidad de las formaciones atravesadas, que va desde los terrenos esquistosos hasta las margas, ha obligado a la empresa a abandonar los martillos ligeros sobre muletas para reemplazarlos por las potentes perforadoras rotatorias. La perforación por percusión obliga constantemente a calzar con cuñas los taladros, con enormes pérdidas de tiempo.

Una T-jumbo permite hacer dos voladuras de 2,5 m por turno, una en cada galería. Los agujeros tienen un diámetro de 50 mm, con tapón cónico. El tiempo de perforación de una voladura de 2,5 m es de 80 a 90 minutos, y se trata de encontrar un procedimiento para organizar los ciclos de modo que se pueda mejorar el rendimiento.

En la provincia de Savona (Vado Ligure), las formaciones en el cielo de la galería eran desmoronadizas. A medida que se avanzaba, los agujeros radiales de 8 m de longitud y 87 mm de diámetro debieron ser perforados con supermartillo D.475, para que allí se pudieran enfilear los hierros de 28 mm de diámetro, que deben ser después hormigonados para servir como anclaje del techo.

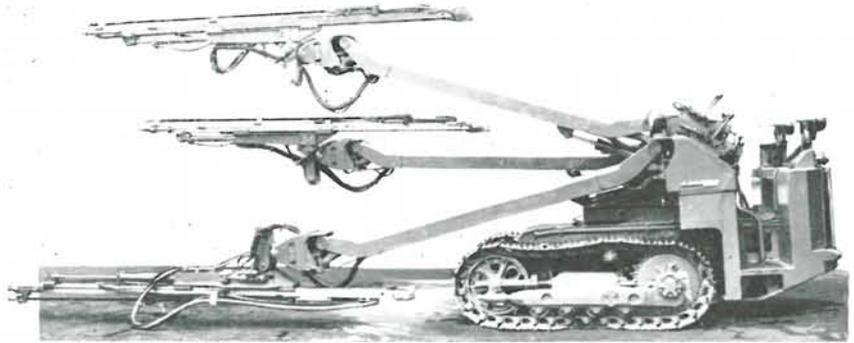
En la provincia de Génova, en la obra de Rapallo, con una buena caliza, se perforaron, con T-jumbo, 55 agujeros por voladura, con un avance de 12 m/día.

En la provincia de Rieti, la autopista Roma-Aquila comprendía dos túneles paralelos, cada uno de 90 m<sup>2</sup> de sección, donde se esperaba un avance del orden de 20 m/día, cifra que no ha sido alcanzada de un modo regular.

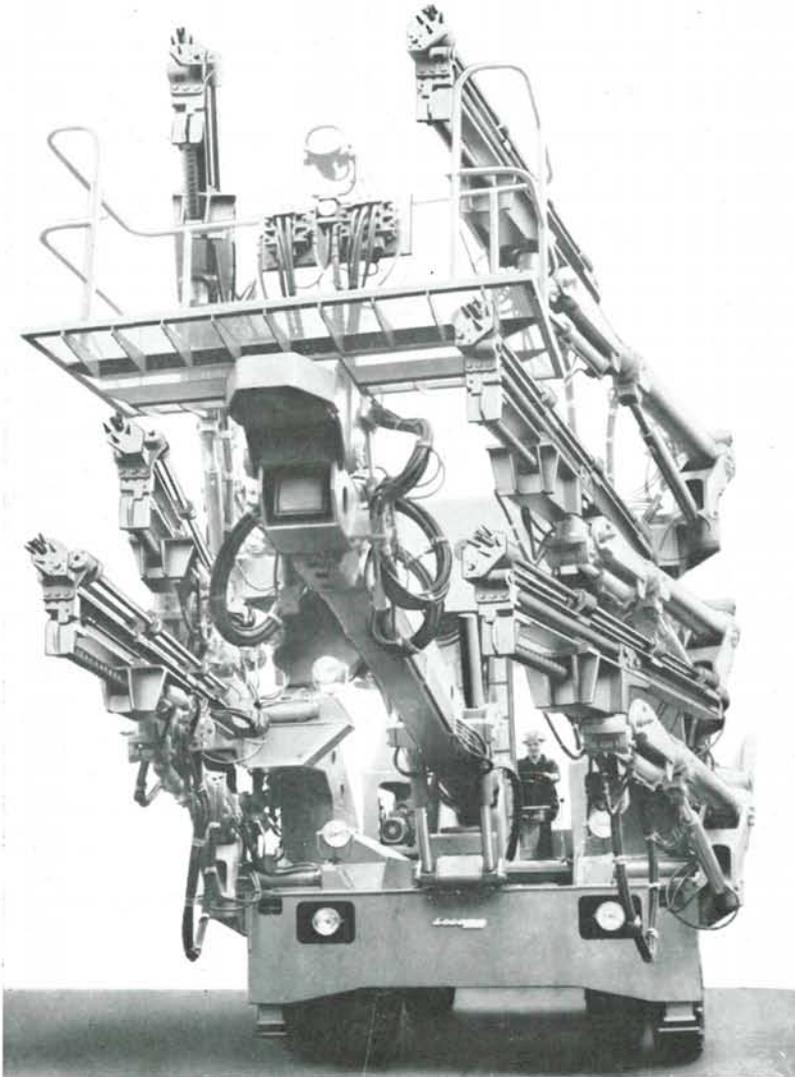




Instalación de hormigonado.



Jumbo Secoma sobre orugas para excavar una galería de 18,5 m<sup>2</sup> de sección, inclinada a 16,5°.



En la provincia de Cosenza, la autopista Salerno-Reggio Calabria atraviesa una cresta por medio de dos «tubos» paralelos.

La T-jumbo se ha empleado para la galería-piloto en bóveda, y, finalmente, en la segunda fase, para la perforación de minas verticales destinadas a mullir el «stross» y a facilitar el empleo del rasgador.

Habiendo llevado los italianos hasta la frontera la «Autopista de las Flores», Francia ha debido continuar el trazado sobre su territorio, en dirección a Niza, hasta el punto donde era posible provisionalmente un empalme con la carretera nacional número 7, llamada de la Costa Azul.

Ulteriormente, el enlace se efectuará al otro lado de Niza, cerca de Antibes, con la autopista de Esterel.

El perfil longitudinal que reproducimos concierne al tramo francés de la autopista A.53, actualmente en construcción desde 1967.

El trazado italiano se detiene en el túnel fronterizo de La Giraude, enteramen-

Jumbo automotor Secoma utilizado para la excavación del túnel de autopista en Bienne (Suiza).

te abierto en macizos de calizas dolomíticas que dominan el puesto de policía y la aduana de Pont Saint-Louis, en Menton.

El relieve escabroso de los Alpes Marítimos impone al trazado de la autopista A.53 el paso por túneles de muchas crestas rocosas sucesivas, en la dirección E.-O., separados por profundos barrancos, de los que el más importante es el de Caréi.

La parte francesa del túnel de La Giraude, que une Francia con Italia, mide 210 m de longitud. Las calizas dolomíticas son del Jurásico Superior, más o menos «Karstifiées» y susceptibles de suministrar aportaciones de agua bastante considerables, correspondientes a la pluviometría de toda la superficie de la cresta fronteriza.

Este pasaje subterráneo comprende dos tubos paralelos.

El siguiente es el de Peyronnet (130 m de longitud), con dos tubos paralelos, después de atravesar con un puente metálico un barranco de 50 metros.

En efecto, la obra del Peyronnet une el barranco del mismo nombre (cota 198) con el de Menieri, y está totalmente excavado en la serie de calizas margosas del Cretáceo Superior.

Las calizas margosas están totalmente tectonizadas, debido a movimientos tectónicos intensos.

El túnel de Castellar, de 570 m de longitud, une el valle de Fossan (cota 148) con el de Caréi (cota 135) a través de la base de la serie del flisch priaboniense.

Los dos tubos paralelos debían ser excavados en una zona cuya estructura era de una complejidad bastante grande, incluyendo en particular una flexión más o menos perpendicular al eje de la obra, además de los materiales con malas características geotécnicas.

En los estudios preliminares se ha constatado que el eje de la autopista se situaría entre los dos perfiles, a unos 10 m aproximadamente por encima del contacto margas-flisch, debiendo ser atacada la cabeza E. del túnel en los barros de cobertura, de poca estabilidad y espesor mal determinado. Se ha considerado preferible atravesarlos eventualmente en trinchera, es decir, retroceder la cabeza al contacto del flisch. Igualmente, el extremo O. podría hacerse retroceder más allá del límite de alteración.

Las observaciones hidrogeológicas superficiales han permitido prever que el túnel atravesaría sobre toda la longitud del flisch saturado de agua, debido a su posición por debajo de la cota 180, que es la cota mínima del nivel hidrostático. Sin embargo, las avenidas de agua son pequeñas, debido a la escasez de aportaciones en la superficie y de la permeabilidad heterogénea de las formaciones atravesadas.

El túnel de Santa Lucía (160 m) une la zona de Cabroles (cota 174), al E., al barranco de Pala (cota 180), al O., a través de la serie de base del flisch priaboniense.

Se han efectuado sondeos, como siempre, y uno en especial para el estribo oriental del viaducto de Pala. La parte E. del túnel debe ser teóricamente excavada en terreno saturado de agua.

El túnel del Sanatorio (230 m de longitud) une bajo el pico de Boschi el valle de Pescaire (cota 208) con la zona de Quiaus, atravesando especialmente la parte inferior del flisch priaboniense, donde alternan bancos de areniscas y margas en proporciones más o menos equivalentes.

A lo largo del trazado, el buzamiento de las capas del terreno es bastante acentuado (45° a 50°) y pasa progresivamente del E. al S., dirigiéndose hacia el E.

La simplicidad de la estructura ha permitido suponer que no se encontrarán zonas fracturadas a lo largo de la excavación, siendo, sin embargo, la estabilidad de los terrenos mejor al O., donde se atraviesan estratos transversales, que al E., donde las galerías son aproximadamente paralelas al buzamiento de las capas del terreno.

Una galería de captación de aguas en la boca O. del túnel ha puesto en evidencia la existencia de formaciones saturadas; la inclinación natural de las capas puede permitir a parte del agua infiltrada por el flanco O. volver a salir por el flanco E., y a los dos profundos barrancos situados bajo este mismo flanco, inmediatamente al N. del túnel, para efectuar un trabajo de drenaje.

Una alteración de las capas margosas del flisch ha hecho temer que se conviertan en plásticas y ocasionen corrimientos.

El túnel de La Coupière, cuya longitud ha variado según los distintos proyectos de 735 a 790 m, según la posición de los accesos en trinchera, está separado del anterior por los viaductos del Pla y del Pescaire, en los que el perfil longitudinal indica las medidas. El túnel doble de La Coupière une el barranco de Ramengo, al S. (cota 288), con el de la Selva, al N. (cota 271).

De norte a sur, la obra atravesará sucesivamente las calizas margosas gris-negras del Cretáceo Superior, donde las dos entradas paralelas han sido iniciadas durante el otoño de 1967, y las pudingas miocenas de Roquebrune.

Las calizas margosas del Cretáceo Superior están formadas por bancos calizos margosos y por bancos arcillosos. Amasadas con agua, producen un fango líquido, desagradable sobre una obra en construcción. Esto es debido a una tectonización.

La pudinga, a través de la cual se producirá el avance, está formada por cantos muy rodados, generalmente calizos, unidos por un cemento margoarcilloso más o menos abundante.

Desde el punto de vista geotécnico, una masa semejante es coherente, a excepción de una zona de 25 a 30 m, mucho más margosa, situada a unos 200 m de la boca S.

Los sondeos horizontales se han encaminado a determinar la posición del contacto. A pesar de la indeterminación resultante de que tales reconocimientos no son lo bastante numerosos y de que sólo afectan a un punto de la masa total, se puede pensar que por lo menos 330 m estarán excavados en las calizas margosas cretáceas, a partir de la boca N., lo que deja aproximadamente 300 m atravesados en las pudingas a contar desde la boca S.

Un accidente geológico importante que se inicia en las proximidades de Ricard, hendiendo el Mont-Gros, pasa por el barranco de Salva, para continuar hacia Saint-Agnés, recortando el eje de la autopista a la derecha del extremo N. del túnel de La Coupière, lo que explica que en esta boca las calizas margosas estén intensamente machacadas y con una permeabilidad provocada por grietas.

Es probable la impregnación general de estas calizas margosas al nivel del contacto con las pudingas, debiendo contener la masa de estos últimos conglomerados una capa de agua importante, alimentada de modo permanente por las filtraciones, que determinan resurgencias bastante numerosas por debajo de la cota 390.

Después de haber franqueado las depresiones de Ramengao y Dondea, el trazado de la autopista ataca, a 10 km de su punto de partida (la frontera), el túnel de Ricard, de 387 m de longitud, totalmente excavado en la dolomía del Infralías, constituyendo una escama tectónica aislada en el seno de sedimentos más arcillosos. Es probable atravesar grutas cársticas, lo que dará lugar a alteraciones del perfil en los derrumbamientos por las voladuras.

Han sido efectuados sondeos de reconocimiento, así como una cuidadosa campaña geofísica y sísmica.

El examen del perfil longitudinal indica que el trazado de la autopista A.53 está en pendiente durante 3 km entre el túnel fronterizo y el profundo barranco de Caréi y después en rampa hasta la salida del túnel de Ricard, del lado de Niza. Por tanto, el empalme con la carretera nacional número 7 está en pendiente.

Para dar un ejemplo de perforación, hemos tomado el de la excavación del doble túnel de La Coupière. La sección total excavada rebasa los 90 m<sup>2</sup> para cada tubo, ya que debe de ser de 90 m<sup>2</sup> después de su revestimiento.

En una primera fase se cava la media sección superior, unos 44 m<sup>2</sup>, con 12,40 m de anchura en su nacimiento.

La fase definitiva se limitará a derribar el «stross» sobre 12,40 m de ancho y 2,70 m de alto.

El jumbo puesto en obra por la empresa es una adaptación de tres brazos JTH rebajados y normales, tipo Secoma, sobre un chasis Euclid. El esqueleto del soporte está previsto para utilizar taladradoras rotatorias, pero con el equipo indispensable con vistas a una sustitución eventual de las perforadoras rotatorias por supermartillos sobre correderas. Los tres brazos Secoma han sido dispuestos de forma que batan la media sección superior con un solo desplazamiento de la máquina en lo que respecta al eje vertical de cada una de las dos galerías paralelas.

Se barrenan para cada voladura 90 agujeros de 3,50 m y 40 mm de diámetro. Con los agujeros de tapón cónico incluidos, se introduce un total de 95 a 100 kg de explosivo por voladura.

Después de la perforación de una voladura en uno de los tubos, y durante las operaciones de tiro y desescombros que deben sucederse, la máquina Secoma-Euclid se desplaza para ir al tubo adyacente a perforar otra voladura idéntica.

La perforación de un agujero de 3,50 m y 40 mm de diámetro, con taladro redondo de 32 mm de diámetro, se realiza con un avance instantáneo de 3,50 m en 1 minuto y 25 segundos. La voladura completa, carga y tiro incluidos, requiere 60 minutos por término medio, perforando cada uno de los tres brazos, en el mismo tiempo, 30 agujeros. El manejo de la máquina sólo requiere dos hombres.

El empleo de la perforación rotatoria silenciosa en vez de la perforación a percusión da una perfecta visibilidad al frente, ausencia de ruido, y los vapores consiguientes al escape de aire comprimido hacen el ambiente mucho más soportable para los mineros.

Siempre que la naturaleza de la roca lo permite, es preferible la perforación rotatoria. Se mejora el avance y se suprimen los compresores. También se nota una gran economía en vástagos y coronas perforadoras.

El aparejo jumbo utilizado en La Coupière dispone de tres centrales electro-hidráulicas, con motor de 35 caballos, que mueven tres bombas hidráulicas para las diversas servidumbres, incluyendo la perforación. Disponiendo estas centrales de un exceso de potencia, podrían servir sin modificación para pasar a perforación por percusión, para atravesar las rocas más duras o más heterogéneas. Se podrían adaptar supermartillos Meudon tipo PM.50 sobre deslizaderas de 3,20 metros.

Para el rápido avance de túneles de gran sección, particularmente destinados a autopistas, han debido estudiarse las máquinas perforadoras para poder ejecutar los tiros cubriendo toda esta sección.

La fotografía inferior de la página 92 nos muestra el jumbo automotor Secoma Diesel de seis brazos, que ha efectuado toda la perforación de un túnel de autopista en Bienne (cantón de Berna). Este jumbo posee como suplemento un brazo central de servicio equipado con una nacela que puede resistir 500 kg para trabajos de purga, de la bóveda, eventualmente para empujar el techo y cargar la voladura. Este jumbo puede recubrir una sección de 40 a 100 m<sup>2</sup>.

Los dos brazos superiores son elevados por un esqueleto móvil, dando el ángulo de subida o bajada para los ajustadores de posición en función del gálibo de la galería a excavar.

A pesar de su importancia, el aparato sólo necesita tres hombres para su servicio, dos puestos sobre los costados de los brazos laterales y otro puesto sobre la plataforma elevadora para los dos brazos superiores.

El montaje sobre ruedas neumáticas facilita el desplazamiento rápido de la máquina, cuyo peso total en orden de marcha es de 26 toneladas.

Con una velocidad de desplazamiento de 12 km/h, este automotor diesel puede cambiar su frente de ataque en caso de avance por frentes opuestos a partir de un acceso único.

Los brazos del jumbo utilizado en Bienne están equipados con martillos Atlas Copco, aunque no importa que se adaptara a las exigencias cualquier otro tipo de martillo.

La construcción de túneles de gran sección puede ser tal que el tiro con explosivos esté prohibido. De aquí que el empleo de grandes martillos excavadores puede ser interesante en el caso de excavaciones bajo grandes aglomeraciones urbanas.

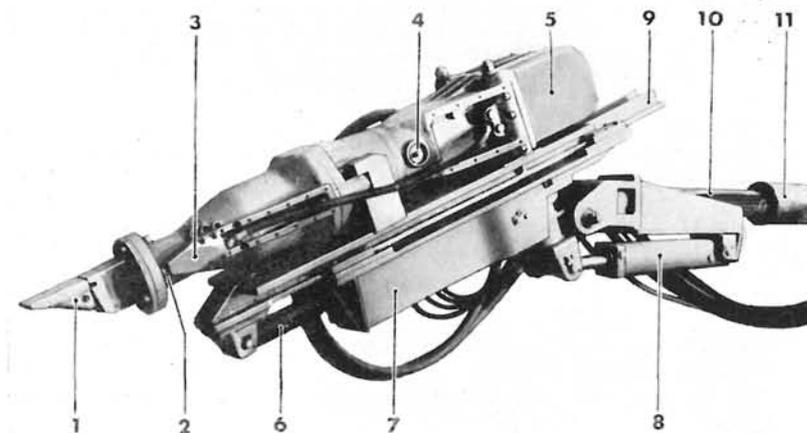
En 1967 se han iniciado en Francia experimentos con un martillo de 500 kg de peso, puesto a punto por los servicios técnicos de las minas de hulla inglesas (National Coal Board).

La impulsión es de 120 golpes por minuto y la energía de 120 m/kg, lo que representa aproximadamente seis veces la energía de un supermartillo y permite romper la roca (por ejemplo, arenisca o caliza) en grandes masas.

La energía potencial está almacenada a partir de un circuito hidráulico que desplaza la masa impulsora comprimiendo un gas inerte, nitrógeno por ejemplo. Alcanzado el fin de la carrera, el circuito hidráulico se pone al depósito y la expansión del gas comprimido produce la energía cinética.

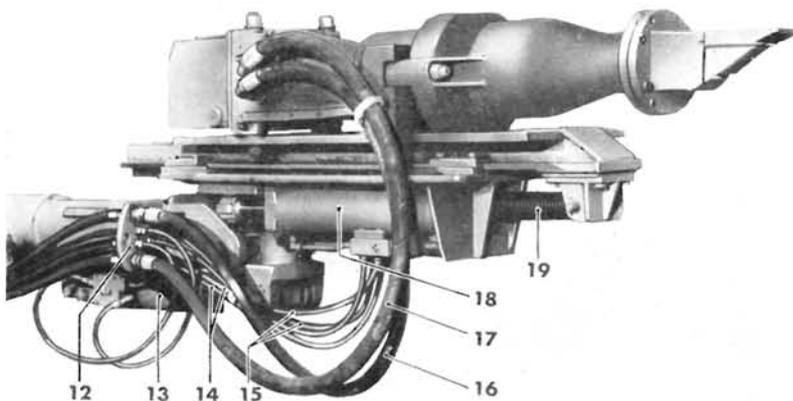
El martillo excavador pesado de la NCB ha sido ensayado en un brazo JTH Secoma, rebajado, y se ha podido reconocer que la robustez de este brazo daba las garantías indispensables para un método semejante de excavación sin explosivo.

Se puede sacar en conclusión que, en el caso de que las voladuras sean imposibles debido a las sacudidas que pueden causar, o en el de trabajar en atmósfera deflagrante, este dispositivo puede sustituir a la perforación clásica, en tanto que la experiencia ha demostrado que se podría alcanzar con los martillos un rendimiento mínimo del orden de los 4 m<sup>3</sup>/hora.



Martillo excavador de gran potencia, de la «National Coal Board». Ensayos realizados en Francia con brazo JTH Secoma para trabajar en galería rocosa.

1. Herramienta amovible.—2. Dedo impulsor del ciclo de percusión.—3. Gato accionado por el dedo.—4. Válvula para relleno de la cámara de gas (nitrógeno a 40 bars).—5. Cáster conteniendo el mecanismo de mando.—Elemento del brazo JTH. Construcción Secoma: 6. Gato de avance frontal.—7. Cajón de orientación del martillo.—8. Gato de basculación. 9. Corredera soporte del martillo.—10. Tubo de flecha telescópica.—11. Armadura del brazo.



Martillo excavador de gran potencia de la «National Coal Board» para trabajos subterráneos en roca (Montaje sobre brazo JTH Secoma).

Elementos del brazo JTH. Construcción Secoma: 12. Relevador de flexibles.—13. Gato de basculación.—14 y 15. Flexibles de alimentación de los gatos de orientación y avance del bloque.—16. Flexible de retroceso del martillo.—17. Flexible de alimentación del martillo. 18. Gato de orientación.—19. Gato de avance del bloque.

Llegado el fin de la carrera, un diente actúa sobre otra corredera de distribución que rompe el equilibrio, liberando el sistema biela-manivela, y el gas se expande; el golpe se dispara y la masa golpea la herramienta.

Al final del recorrido de golpeo, un diente restablece la corredera de distribución en su posición inicial. El aceite admitido para la compresión del gas vuelve al depósito, el pistón del gato hidráulico actúa sobre la otra cara y el martillo se rearma.

#### 5) Resultado de las pruebas:

- la cadencia del golpe es función del caudal de la central hidráulica. El martillo está calculado para dar 120 golpes por minuto;
- la energía desarrollada es de 120 m/kg;
- el peso del martillo es del orden de los 500 kg.

### Principio del funcionamiento

#### 1) El martillo comprende las partes principales siguientes:

- el elemento amovible unido a la pieza que recibe el choque, que se ensancha por un collar;
- la masa golpeante alojada en la parte dilatada;
- la cámara de compresión del gas;
- el mecanismo hidráulico;
- el sistema biela-manivela con los dientes de servomando.

#### 2) Una central hidráulica que puede suministrar 40 l/minuto a 70 bars, suficiente para la alimentación del martillo.

#### 3) El gas comprimido es nitrógeno a 40 bars.

#### 4) El principio de funcionamiento es el siguiente:

- la masa golpeante está en posición retrasada, solicitada por el aceite bajo presión. Se obtiene una posición de equilibrio por un sistema biela-manivela en línea;
- el martillo está armado, listo para golpear;
- colocando la herramienta en el frente de ataque, el collar de la herramienta apoya sobre un gato por medio de un dedo;
- la compresión del aceite desplaza una corredera de distribución, que alimenta un gato hidráulico; este gato comprime el gas, manteniendo el equilibrio del conjunto.

Los británicos han recurrido a este método para aumentar la sección de las galerías, en capa de carbón y para permitir la circulación de sus máquinas de fondo. La estiala de arenisca carbonífera fue abatida por el excavador NCB de 500 kg, en atmósfera de grisú, hasta alcanzarse una ampliación suficiente del gálibo.

Tenemos otro ejemplo en una obra moderna, realizada con ocasión de la excavación de un plano inclinado a 16° 30' y 1.100 m de longitud, con una sección transversal de excavación de 18,5 m<sup>2</sup>. Esta galería de mina, ejecutada por cuenta de Pechiney, debe permitir la explotación de un criadero de bauxita en el Var (Mazaugues-Baume Sud), cerca de Brignoles.

La excavación en toda la sección está realizada a través de calizas cretáceas carstificadas y acuíferas.

El jumbo (Secoma) utilizado está montado sobre orugas; está equipado con tres brazos TP.35 (la cifra significa la longitud del brazo entre articulaciones del paralelogramo). Un brazo de este género «bate», en principio, una superficie de 3,5 × 3,5 m. La máquina se ha concebido especialmente para trabajar en una galería de fuerte pendiente.

El chasis y las orugas son un CD.6 Continental. El desplazamiento del jumbo es eléctrico. Los martillos son perforadores Montabert T.K.30, con taladros y alargaderas en acero hexagonal de 25 mm de diámetro.

Se barrenaron por voladura 62 agujeros, cada uno de 2,30 m, siendo el avance medio de 2 m. El tiempo de perforación de cada voladura era de 105 minutos.

El tapón comprendía 5 agujeros separados 0,10 m sobre un mismo eje vertical, de los que solamente dos estaban cargados. Se utilizan muchos retardos para los agujeros de desempeño y desengrase.

Siendo importantes las avenidas de agua por el frente de la galería, se recurrió a inyecciones de cemento en el avance. Los agujeros de inyección están perforados con jumbo y tienen 47 mm de diámetro y hasta 30 m de longitud máxima, si no aparece antes una avenida. Sobre la sección de 18,5 m<sup>2</sup> están dispuestos cinco agujeros de inyección, y se inyecta una lechada de cemento puro mediante mangas reforzadas con caucho, con lo que la puesta en obra es, por así decir, instantánea.

En efecto, el refuerzo de caucho está aplastado por la presión de un tubo coaxil aterrajado. La resistencia al arranque sobre las paredes del agujero donde se introduce la manga es muy superior al efecto de presión del agujero lleno de lechada.

Una vez estancadas las avenidas de agua, se reanuda la perforación con tiros sucesivos hasta que el agua reaparece.

El desescombro se realiza con palas Emco con descarga lateral sobre un transportador con raederas que, a su vez, descarga sobre una cinta transportadora suspendida, de 130 m de longitud, que cubre la cinta transportadora definitiva de la futura explotación de bauxita.

---

Los trabajos de instalación de la región provenzal, y en particular del canal de Provenza, que hemos tenido ocasión de describir (ver Informes, 191), se continuaron con la excavación de muchas galerías de gran longitud.

La empresa Truchetet-Tansini, en asociación con la empresa de Grands Travaux Hydrauliques y la Société Française de Dragages et de Travaux Publics, ha sido encargada de la ejecución de la galería de San Hipólito, de 3 km de longitud, con una sección de 9,6 m<sup>2</sup>, al norte de Aix, en Provenza.

El acceso se efectúa por la corta ventana de Baumes y el avance ha sido organizado en 2.000 m hacia arriba y 1.000 m hacia abajo.

Cada voladura supone un frente con perforación de 42 agujeros de 40 mm de diámetro, 2,5 m de longitud en caliza aptense y tapón piramidal.

El jumbo utilizado tiene dos travesaños formando depósito de agua y constituyendo el esqueleto principal del chasis, al mismo tiempo que soporta las centrales: una para el brazo de perforación y otra para los rotatorios. Se cuentan dos brazos de perforación JTH Secoma normales, provistos de correderas rotativas hidráulicas con 2,5 m de carrera útil.

El chasis comprende, además: una parte rascadora articulada, y entre los dos travesaños una cadena transportadora de 0,80 m de anchura y una pala mecánica de 500 l movida por una cabria de 60 caballos. Este jumbo, por tanto, es al mismo tiempo cargador. Uno de los dos brazos, con un larguero eventual, soporta la polea de devolución del rascador.

La máquina circula sobre una vía férrea con 1 m de ancho. No es automotora. Por el contrario, para los desplazamientos durante la última fase de rascado, está impulsada por un gato hidráulico provisto en su extremo de una azada. Esta azada se posa en el balasto entre los dos raíles.

Para avanzar hasta el frente, así como para retroceder, el jumbo está movido por el tren de desescombro de los escombros de la voladura.

El suministro de energía eléctrica del jumbo está asegurado a una tensión de 380 V, 70 caballos, y transformador en galería.

La evacuación de los escombros se hace por medio de una cinta transportadora de caucho.

Una simplificación digna de tenerse en cuenta sustituye la clásica suspensión de este transportador por un monorraíl en el que el camino de rodadura está bulonado en el eje de la bóveda de la galería.

En efecto, este transportador se apoya, por un extremo, bajo la tolva del transportador de raederas del jumbo-cargador. Esta banda de caucho de cinco pliegues mide 800 mm de anchura. El rodillo motor está calado (tipo jaula de ardilla). La longitud total del transportador es de 26 m y como es de un solo recorrido la contraflecha es de 100 milímetros.

Las berlinas tienen cada una 6 m<sup>3</sup> de capacidad.

Los seis vagones correspondientes al volumen de escombros de una sola voladura, más un séptimo vagón un poco menor que sirve de soporte móvil, son retirados por el tractor diesel bajo la cinta transportadora, la cual descansa sobre los rodillos dispuestos sobre los adrales de cada berlina.

El transportador descarga sus escombros en el vagón de cabeza que en seguida es impulsado en una longitud igual a la de una berlina por el locotractor para cargar el segundo vagón, y así sucesivamente.

Cuando las seis berlinas están llenas, el convoy es desenganchado del séptimo vagón para ser remolcado al exterior, donde se descarga, dejando colocado en la extremidad del transportador sólo el séptimo vagón, cuyo objeto se limita así a soportar el extremo de la cinta transportadora de escombros.

En realidad, la caja de este séptimo vagón sirve como «caja de herramientas». En ella se guardan los crics, gatos, tenazas de reparar, etc.

Una idea semejante, puesta en práctica por M. Brocart, director de la empresa Truchetet-Tansini, se ha revelado como muy acertada y económica en la práctica. La realización en el plan de obra es de una extrema simplicidad y la robustez de todas las partes de semejante montaje las pone a cubierto de los incidentes habituales.

Con una pala de rascado, bastante pesada, que se hincó bien en el montón de escombros, el rascado resuelve el problema capital del desescombro en pequeña sección excavada y la cinta transportadora, sostenida directamente por las berlinas, suprime toda instalación fija en la galería.

Si el problema de la excavación acelerada puede considerarse actualmente resuelto, gracias a los jumbos tipo Secoma, el del desescombro rápido presenta todavía dificultades y ocasiona retrasos en los grandes ciclos de operaciones.

---

La galería de Signes (Var) está llamada a completar el abastecimiento de agua de la villa de Tolón y de las aglomeraciones próximas.

La región costera del departamento de Var, que se extiende al oeste de Tolón, o sea, una docena de municipios importantes, se halla en situación precaria desde el punto de vista del abastecimiento de agua. En algunos sectores han tenido que denegarse permisos para construir, comprometiendo así gravemente el desarrollo de esta región esencialmente turística.

En diversas épocas, durante los últimos años, las distribuciones de agua han debido ser interrumpidas durante los días de verano debido a la insuficiencia de reservas hidráulicas.

A pesar de todos los estudios realizados, no existe una solución técnica para remediar rápidamente una situación semejante, si se consideran aparte los trabajos de refuerzo de la conducción de agua proveniente de la presa y de la pequeña recogida aguas abajo de Carces, a más de 40 km al N.-NE. de Tolón.

Estando agotadas las reservas locales de disponibilidad inmediata, sólo subsistían soluciones técnicas cuya eficacia no podía manifestarse más que después de un plazo bastante largo.

Frente a esta situación, los hidrogeólogos habían encontrado que el macizo de Sainte-Baume, con sus potentes formaciones calizas, bien conocidas por las profundas explotaciones de bauxita, constituían un enorme receptáculo acuífero, pudiendo considerarse en el plano puramente geológico como un almacén,

donde el fondo y tres de sus costados están cerrados por una pantalla impermeable formada por las capas del Trías.

Todos los trabajos en galería, emprendidos por Pechiney, para la explotación del sinclinal de bauxita situado al sur de Brignoles, especialmente en Mazaugues y Baume-Sud, han probado las dificultades a consecuencia de importantes avenidas de agua, que hacía falta cimentar por medio de inyecciones según se avanzaba.

La existencia del agua había sido confirmada por los sondeos efectuados en las paredes todavía vírgenes del sinclinal, y la excavación de la galería de Mazaugues aportó una prueba suplementaria, mostrando en particular que era posible trasegar de este sinclinal, en régimen permanente, más de 500 l/s sin reducir prácticamente los suministros a las diversas resurgencias naturales conocidas.

Ahora bien, se encontró precisamente que el macizo de Sainte-Baume, a 25 km al norte de Tolón, debía ser atravesado de norte a sur por una larga galería de la ramificación del canal de Provenza, debiendo permitir traer parte de las aportaciones derivadas del Verdon hacia Tolón.

Por tanto, la galería de Mazaugues tenía que hacer el papel de desagüe, debiendo ser agregada en el plazo de algunos años en el circuito definitivo de derivación de las aguas hacia Tolón. A continuación de la galería de Mazaugues debía excavar la de Signes, después la de Beausset, para acabar en una canalización de transporte hasta llegar a Tolón.

Todas estas obras formaban parte del proyecto de conjunto y emprenderlas sin demora no exigía ningún inconveniente suplementario, sino solamente una modificación del plan de realización de los diversos tramos sucesivos del canal de Provenza.

La perforación de la galería de Signes, encomendada a la empresa A. Borie, comprende una longitud de 4.500 m, de los que 3.000 son en sección de herradura de 11,97 a 13,94 m<sup>2</sup> y 1.500, hacia arriba, en sección circular de 13,94 a 16 m<sup>2</sup>.

Los diámetros definitivos, después del revestimiento de hormigón serán, respectivamente, de 3,20 y 3,30 metros.

A lo largo del avance, de abajo a arriba, el pronóstico geológico era el siguiente:

	<u>m</u>
Caliza dolomítica ... ..	2.320
Caliza del Senonense ... ..	440
Caliza margosa del Batoniense ... ..	822
Caliza margosa y caliza Oolítico inferior ... ..	750
Caliza silíceas ... ..	168

En la realidad, se encontraron 3.200 m de calizas dolomíticas y el resto fue de calizas amarillas más o menos margosas. Las calizas dolomíticas estaban fracturadas localmente, con un relleno arcilloso en las grietas y diaclasas. Mientras que los macizos calizos fueron también atravesados, otras zonas aportaron arenas.

En un momento dado, el avance se encontró en una zona de arenas acuíferas y movedizas rellenando una falla.

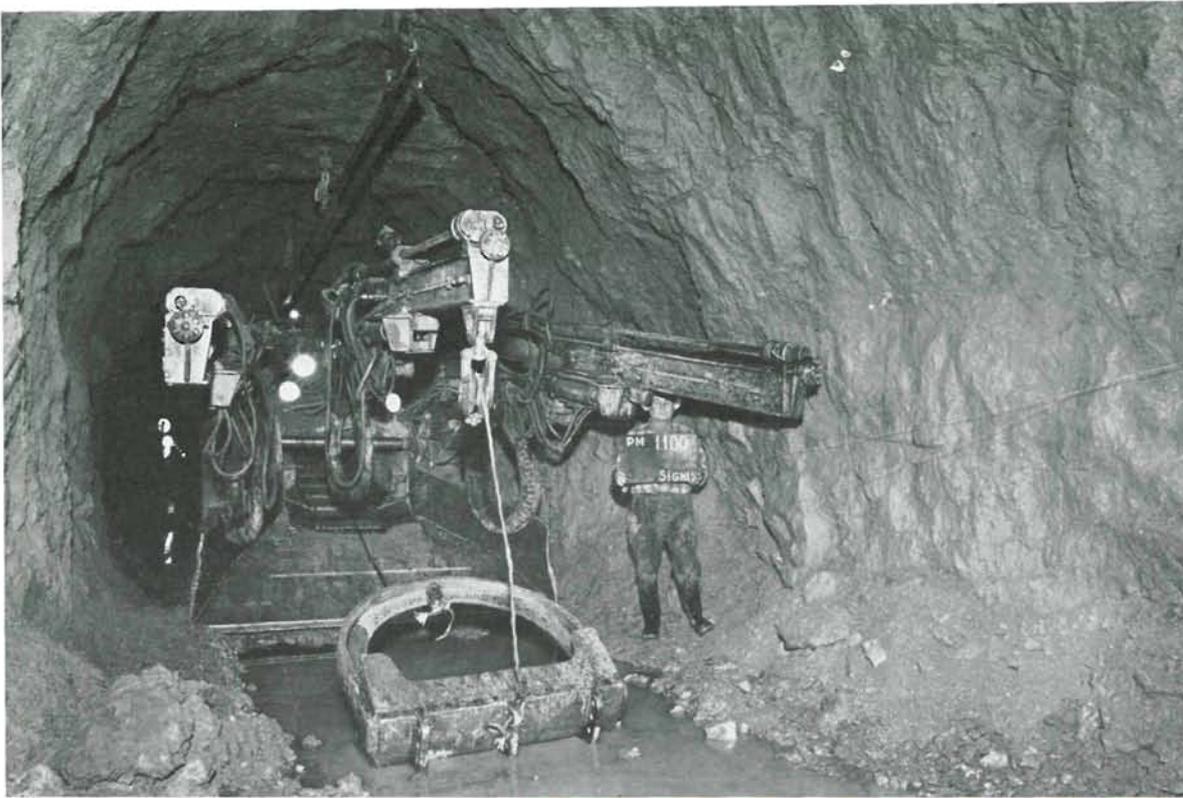
Las abundantes avenidas de agua que salieron por la falla, bajo la meseta de Agnis, en el lado oriental del macizo de Sainte-Baume, arrastraron importantes volúmenes de estas arenas, que invadieron parcialmente la galería, desde el frente de ataque, en unos 40 m, con un espesor de 0,5 a 0,6 m sobre la solera.

La perforación rotatoria puesta en obra ha sido plenamente satisfactoria. Estaba montada sobre un jumbo-cargador Secoma de tres brazos. Esta perforación rotatoria hidráulica con fuerte impulsión ofrece una carrera útil de 2,75 y 3,90 m de longitud.

Entre otros dispositivos, el brazo central del jumbo lleva una polea rascadora, movida por un motor de 60 caballos. Los escombros de un tiro son barridos por una pala de 700 litros de capacidad. Son arrastrados hasta un transportador que los traslada hasta una cinta Socaltra de 72 m de largo.

La banda ofrece una anchura lisa útil de 600 mm, con bordes sobreelevados. Si los bordes se abaten, la anchura total de la cinta es de 800 milímetros.

Un tren de 14 unidades, cada una de 5 yardas cúbicas de capacidad (unos 4 m<sup>3</sup>), colocado bajo la cinta suspendida en corona, permite cargar los escombros de una voladura.



Galería de Signes (Var). Empresa Borie. Jumbo Secoma con su cuchara mecánica al atravesar una formación dolomítica homogénea.

Galería de Signes (vista descendente). Paso a través de una zona de dolomias fracturadas con incrustaciones arcillosas.

El avance máximo ha sido de 413 m en un mes de 24 jornadas laborables y el mejor progreso semanal fue de 112,4 metros.

Se vuelve a encontrar en esta obra sensiblemente la misma organización que en la galería de Concors (Peyrolles) en perforación y desescombro.

Se puede hacer útilmente la comparación con las disposiciones adoptadas recientemente por la empresa Truchetet-Tansini en la galería San Hipólito.

En lo que concierne a ventilación, hay un canal de aireación de 600 mm de diámetro, que ha sido instalado a lo largo de la galería de Signes, con ventiladores Berry 64 HM, de 20 caballos de potencia unitaria, incorporados en el conducto, a saber: tres ventiladores a 500 m de la entrada, otros dos a 1.500 m y, por último, un ventilador por cada 1.000 m de recorrido.



Un cable eléctrico protegido puede alimentar las obras subterráneas de energía eléctrica a 20.000 V de tensión.

Por último, la evacuación de las aguas liberadas al frente o recogidas en la galería está asegurada por bombeo en una canalización de 400 mm de diámetro y evacuación por gravedad hacia la salida del túnel.

Debe notarse que una instalación poco más o menos idéntica se ha hecho para la excavación de una galería secundaria de Electricité de France, para una de las adjudicaciones de Aménagement du Chassezac, cerca de Vans (Ardeche), donde el jumbo-cargador Secoma está, sin embargo, equipado con martillos perforadores Montabert, siendo imposible una perforación rotatoria continua a través de micasquitos incrustados de cuarzo.

*Traducido y adaptado por A. Barbero.*

résumé • summary • zusammenfassung

### **Creusement des tunnels de grande et de petite section**

Georges Vié, ingénieur des mines

Les ingénieurs français ont étudié et préparé les engins nécessaires pour créer un réseau d'autoroutes qui remplisse les meilleures conditions. Le fonctionnement et le rendement de ces engins ont été expérimentés dans le prolongement de l'«Autoroute des Fleurs» italienne, qui va de la frontière jusqu'à près de Nice.

Les engins employés pour le creusement des tunnels sont du type jumbo. Leurs dimension et puissance varient avec la section du tunnel à excaver et la nature de la roche. Les conditions de l'ouvrage peuvent également obliger à effectuer une perforation rotative ou par percussion, bien qu'il soit préférable d'employer la première méthode.

Les jumbos reçoivent l'énergie nécessaire d'une centrale hydraulique (à compression d'huile) auxiliaire. Leur utilisation est simple et deux ou trois hommes suffisent pour les faire fonctionner. Ils peuvent s'adapter à des terrains à forte déclivité.

Dans quelques parties du tracé du «canal de Provence» on a pu capter les débits d'eau pour soulager la pénurie d'eau existant sur toute la côte, car la configuration du terrain traversé a permis le captage de grandes quantités d'eau, obtenus d'une façon permanente grâce à d'abondantes filtrations.

### **Drilling of tunnels of large and small cross section**

Georges Vié, mining engineer

French engineers have designed and made the necessary machinery and equipment to develop a roadway network of the best possible quality and efficiency. The effectiveness of this machinery has been tested in the extension of the «Flowers Motor Road», which runs from the Italian frontier to Nice.

Tunnel drilling equipment is of the «jumbo» type, and the size and power of these machines varies with the cross section of the tunnels to be excavated and the nature of the rock. Working conditions may make it necessary to adopt rotary drilling, the use of explosives, or percussion techniques. Whenever possible, it is preferable to make use of the first method.

Jumbos derive their power from an auxiliary hydro electric power station. They are easy to handle, and two or three men are an adequate working crew. The machinery can be adapted to severe inclinations.

Along other sections of the Canal de Provence it has been possible to collect water in the conduits to alleviate the lack of water that is suffered along this coastal region, since the tunnels have cut through considerable underground water currents, which have provided new permanent sources of water.

### **Durchbohrung von Tunneln mit grossem oder kleinem Schnitt**

Georges Vié, Bergbauingenieur

Französische Ingenieure haben die zur Schaffung eines perfekten Autobahnnetzes notwendigen Maschinen entworfen und gebaut. Ihre Arbeitsweise und -leistung wurden auf der Verlängerung der italienischen «Autostrada delle Fiori» von der Grenze bis in die Nähe von Nizza erprobt.

Die für die Tunneldurchbohrung verwendeten Maschinen gehören dem Typ Jumbo an. Ihre Grösse und Leistungskraft hängen vom Ausmass des Tunnels und der Beschaffenheit des Felsens ab. Das Baugelände kann auch eine Drehbohrung mit Sprengstoff oder Presslufthammer bedingen. Soweit es jedoch möglich ist, ist das erste Verfahren vorzuziehen.

Den Jumbo-Maschinen wird die notwendige Energie durch eine hydraulische Hilfsstation (mit Öldruck) zugeleitet. Sie sind leicht zu handhaben, und zwei bis drei Arbeiter reichen zu ihrem Einsatz aus. Sie können auch in stark abschüssigem Gelände verwendet werden.

An anderen Stellen hat man das Wasser der Stollen in den «canal de Provence» leiten können, so dass man dem Wassermangel, unter dem die gesamte Küste leidet, abhelfen konnte da man im Baugebiet dank beträchtlicher Unterströmung auf grosse, dauerhafte Wasservorkommen gestossen ist.