

por la bóveda; protege también á los electrodos contra la acción oxidante de la escoria y permite la alimentación del horno con materiales fríos sin que sufran los electrodos; en fin, gracias á esta elevación, no es necesario interrumpir la corriente para el vaciado.

La ebullición del baño durante la decarburación de la fundición por el mineral no influye en el gasto de energía.

Los electrodos pueden consumirse integralmente y reemplazarse continuamente, uniendo sus extremos sin cortar la corriente.

La regulación de la corriente es muy sencilla; basta con inspeccionar de cuando en cuando los electrodos. La separación entre éstos y el baño puede modificarse sin variar la temperatura ni cortar la corriente.

El desacuñado de fase es débil; se llega á un valor de

coseno $\phi = 0,97$, correspondiente á 50 períodos, á un ángulo de desacuñado de 14 grados. La carga del horno no es, pues, notablemente inductiva.

En las horas del máximo en la central es posible detener la marcha del horno y de que no funcione más que durante las horas en que la carga es, por lo demás, reducida. Para sostener el horno caliente basta con el 15 por 100 de la corriente de plena carga en los grandes aparatos y del 30 por 100 en los pequeños.

Á esto se añaden otras ventajas técnicas y económicas que creemos inútil enumerar; lo que hemos dicho nos parece suficiente para poner de manifiesto lo interesante que resulta este nuevo avance de la técnica de la electrosiderurgia.

II.

REVISTA EXTRANJERA

El túnel submarino entre Francia é Inglaterra en el Canal de la Mancha.

La comunicación entre Francia é Inglaterra por medio de un túnel submarino parece que entra en vías de realización, y á este importante asunto dedica el Ingeniero de Artes y Manufacturas, M. A. Dumas, un extenso artículo en *Le Génie Civil*, del que hacemos un extracto á continuación.

Después de algunas disquisiciones sobre la influencia que ha ejercido la guerra actual en el resurgimiento del proyecto de unión submarina entre Francia é Inglaterra, pasa el autor á hacer un resumen histórico de las vicisitudes por que ha pasado este proyecto desde 1802, dedicando un recuerdo al verdadero iniciador del túnel, el Ingeniero francés Thomé de Gamond que, de 1834 á 1866 elaboró seis proyectos de comunicación á través del paso de Calais. Este Ingeniero murió el 2 de Febrero de 1875, en el momento en que empezaba á entreverse la realización de su idea, puesto que en los dos lados del Canal de la Mancha se constituían Sociedades financieras para llevar á cabo la construcción del túnel.

A estas Sociedades y á las obras por ellas realizadas dedica M. Dumas bastante espacio; nosotros nos concretaremos á decir que por el lado francés, la Compañía del túnel ha gastado más de 2 millones de francos en trabajos preparatorios: en pozos, en sondeos y en hacer una galería de ensayo que se ha dirigido bajo el mar en una longitud de 1.839 metros. En el lado inglés, se constituyeron, desde 1872, tres Sociedades que realizaron algunos trabajos preparatorios, concluyendo por fusionarse en una sola que conserva todos los poderes necesarios para la construcción de la mitad inglesa del túnel, y que no espera más que la autorización del Parlamento británico y que es la Channel Tunnel, C.^o Limited.

Hechas estas consideraciones pasa M. Dumas á hacer la

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.—Los inmensos recursos aportados en estos últimos años por los progresos de las ciencias, principalmente en lo que se refiere á la electricidad, han permitido que se cuente con procedimientos de ejecución y de explotación con los que ni se podía soñar siquiera en 1875. De aquí ha resultado un nuevo proyecto, que si no es igual al de Thomé de Gamond en el conjunto, sí lo es, por lo menos, en los detalles, y cuyo colaborador más importante, no sólo desde el punto de vista técnico, sino desde el económico, es el eminente Ingeniero M. Albert Sartiaux.

Condiciones geológicas.—Este proyecto tiene por punto de

partida los estudios geológicos de M. Breton, confirmados por los de Sir John Hawkshaw y las investigaciones geológicas de los Ingenieros de Minas MM. Potier y de Lapparent que han efectuado en el estrecho más de 7.000 sondeos, mediante los cuales se ha podido continuar la carta geológica del estrecho con gran precisión.

Sin entrar en las amplias explicaciones que contiene el artículo, y que parten de una época anterior á la existencia del istmo que unía en el período mioceno el NO. de Francia con el SE. de Inglaterra (fig. 3.^a), diremos que el proyecto de M. A. Sartiaux tiene por característica esencial el mantenerse constantemente en una capa de creta, cuyo espesor es de 60 metros, aceptando, gracias á la tracción eléctrica, las curvas y declives que se ven en el trazado y en el perfil longitudinal (figuras 1.^a y 2.^a) y que permiten no abandonarla, adaptándose á las inclinaciones y á los repliegues de dicha capa. El punto alto del túnel no podrá, naturalmente, coincidir con el medio de la obra en el eje del estrecho, lo que hubiera facilitado, como para los túneles terrestres, la evacuación de los escombros y la corriente de las aguas, porque operando de este modo, los puntos de partida, bajo la tierra firme, vendrían á estar á más de 200 metros por debajo de la superficie del suelo, lo que exigiría avenidas subterráneas extremadamente largas para enlazar con los ferrocarriles existentes de una y otra parte.

Como lo muestra el perfil longitudinal (fig. 1.^a), el túnel está proyectado con cuneta y completado, para la elevación de todos los detritus y la corriente de las aguas, por dos galerías especiales, una de cada lado, que irán siempre descendiendo desde el medio del túnel hasta el extremo en tierra firme, donde se encontrarán los pozos de evacuación. Gracias á esta solución se podrá, utilizando estas galerías de corriente, atacar la construcción del túnel propiamente dicho en tantos puntos como se quiera.

Trazado.—El trazado últimamente adoptado partirá de las cercanías de Marquise (fig. 2.^a), donde se establecerá la estación de aduana de unión con la línea de Boulogne á Calais y se dirigirá primero hacia el Norte. El túnel comenzará á seis kilómetros del origen y se proseguirá en alineación recta hasta la costa, al Sur del pueblo de Sangatte (kilómetro 17), donde volverá á tomar la dirección Este-Oeste hasta el kilómetro 37, es decir, próximamente á dos kilómetros más allá del punto medio del estrecho (kilómetro 35).

Lejos de ser rectilíneo el trazado bajo el estrecho comprenderá curvas, contracurvas y alineaciones rectas. Llegará así un

te á un kilómetro del origen de la galería) y 6.^a (corte á 3 kilómetros de la costa francesa).

En cuanto al perfil que deberá adoptarse para esta galería podría no tener más que una sección progresivamente creciente desde su origen, puesto que la cantidad de agua de filtración que ha de correr, supuesta constante por metro de longitud de túnel, irá creciendo á medida que se aproxime á las costas de Francia.

Sin embargo, para hacer frente á este caudal creciente, que llegará á su máximo en el punto más bajo en que las aguas se reunirán para elevarse á la superficie, se podrá, en lugar de aumentar la sección de la galería, aumentar su pendiente, y evidentemente esta última solución es la que se adoptará. Será, en efecto, mucho más cómodo dar á la galería abierta por una máquina perforadora una sección circular invariable de un extremo al otro, tanto más cuanto que, durante la construcción, esta galería tiene que proveer á la evacuación de los escombros, que

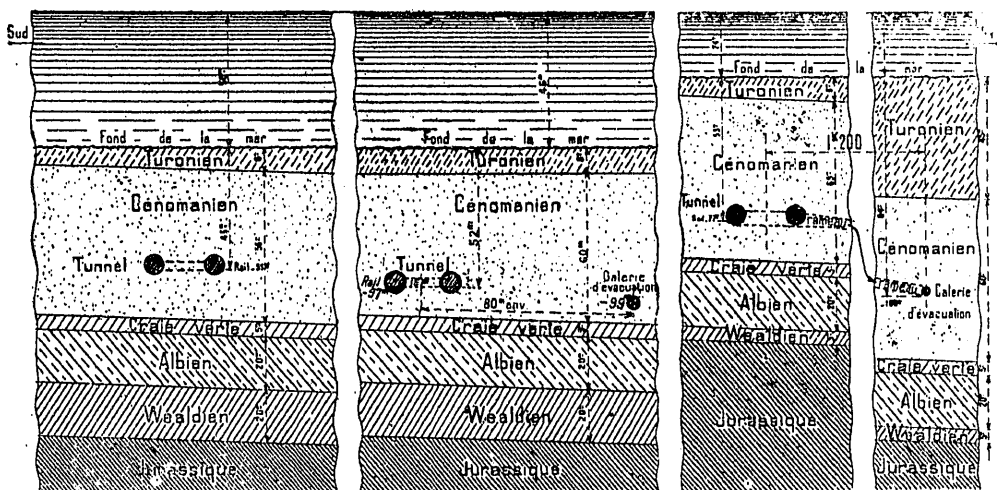
en el kilómetro 6 de la línea y el kilómetro 15, donde terminará la pequeña galería de comunicación con el pozo existente.

En el otro taller se abrirá primero el nuevo pozo de evacuación, de donde partirá la gran galería de corriente; se atacará en seguida esta galería misma, después los ramales intermedios avanzándose hacia el trazado futuro del túnel, según una dirección NE.-SO. y con un perfil longitudinal ligeramente parabólico como la galería misma.

Cada llegada de un ramal del túnel á la galería constituirá un frente de ataque, de donde partirán dos perforadoras (una para cada tubo del túnel doble) que trabajarán *subiendo*, de manera que la evacuación de los escombros y la corriente de las aguas se faciliten por la pesantez.

Será necesario, á medida que se avance, verificar con la mayor certidumbre el espesor y la forma exterior de las capas subterráneas.

La perforación de los pozos de la costa se llevará hasta la

Fig. 4.^aFig. 5.^aFig. 6.^a

exigé una sección mínima para el paso de los tractores de las vagonetas y del personal, sección que será sensiblemente la que dará la máquina perforadora. La pendiente en la unión con el túnel será, pues, casi nula, para llegar, próximamente, á 10 milímetros por metro á la llegada al pozo y aun á más si fuera necesario.

Perfiles transversales.—En lugar de un subterráneo único con bóveda rebajada de 9 á 10 metros de luz, abrazando las dos vías y sobre la cual no quedaría más que un espesor de capa algo incierta, variando de 50 á algunos metros solamente y que podría, por tanto, tener que soportar una presión relativamente considerable (15 á 20 kilogramos por centímetro cuadrado), se ha creído preferible adoptar dos galerías circulares paralelas entre sí y teniendo cada una de 5,50 á 6 metros de diámetro. Estas galerías, distantes entre sí 15 metros, no producirían en la capa más que el minimum de dislocación. Además, su forma circular es la que proporciona la mayor resistencia á las presiones interiores ó exteriores.

Las dos galerías se comunicarán entre sí, de distancia en distancia, cada 100 metros, por ejemplo, por pasadizos transversales muy aproximados que harán de estas dos galerías un conjunto en estrecha relación.

En cuanto á la sección de la galería de evacuación de las aguas filtradas, bastará duplicar, próximamente, la sección conocida y experimentada de 2,14 metros de diámetro, que es la de la galería de ensayo; es probable que se la dé 3 metros de diámetro.

Modo de construcción (lado francés).—Los trabajos comprenderán, sin duda, dos talleres bien distintos:

Uno de ellos dedicado á las obras de avenida, á la estación de aduana y á la perforación del túnel entre su origen

base de la creta gris, de manera de reconocer el espesor de ésta, y se perforará primero en esta capa, al avanzar, la galería de evacuación, según el trazado y el perfil teórico de esta galería. Cuando se hayan hecho 100 ó 150 metros de galería se hará un sondeo hacia abajo y uno hacia arriba, en la creta, de manera de saber con exactitud dónde se encuentra en la capa. Después de otros 120 ó 150 metros se hará un segundo sondeo hacia abajo y hacia arriba y así sucesivamente, cada 120 ó 150 metros. Cuando alguno de estos sondeos indicase que se aproximaba demasiado á los límites, ya superiores, ya inferiores de la capa de creta, se quebrará el trazado, de manera de volverle á poner en las condiciones medias que importa se realicen.

La galería de evacuación podrá, de este modo, venir á ser más ó menos sinuosa en el plano vertical, pero no imposibilitará la corriente de las aguas ni la circulación de los pequeños trenes eléctricos, que servirán para la evacuación de los escombros y para conducir al personal durante la construcción.

Antes de atacar el túnel propiamente dicho, se harán también análogos reconocimientos de la capa de creta.

Duración de los trabajos.—En virtud de los datos que se poseen por los trabajos preparatorios, se calcula que en la construcción de la galería de evacuación y del túnel se emplearán de cuatro años y medio á cinco después de terminadas las obras auxiliares y preparatorias, de las cuales las principales serán, la construcción de las vías de acceso para la evacuación de los escombros y la perforación de los pozos de gran diámetro.

Hay que notar que todos los transportes necesarios para la excavación del túnel deberán hacerse por la galería de evacuación y que se efectuarán por un pequeño ferrocarril subterráneo eléctrico, de vía de 60 centímetros, que en el período más activo de la explotación, tendrá que evacuar, por lo menos, 4.000 tonela-

das diarias de escombros, lo que representa un centenar de trenes diarios en cada sentido, y un transporte de 1.200 trabajadores como minimum.

Ventilación.—Considerando que la tracción se hará eléctricamente, que la temperatura será constante é inferior á 18° y que cada galería se aplicará en un solo sentido de circulación, la aeración del túnel será fácil, indudablemente. Sin embargo, M. A. Sartiaux ha previsto un potente ventilador movido por unos motores de 300 caballos en cada uno de los dos pozos de extracción de Sangatte, bastando uno solo de estos dos ventiladores (el otro servirá de reserva) para renovar por completo todo el aire del túnel en la mitad francesa.

Sin embargo, es probable que, como el túnel se comunicará con la galería de evacuación por una serie de ramales transversales intermedios y las dos galerías que formarán el túnel estarán también en comunicación una con la otra, el paso sólo de los trenes bastará para renovar el aire del túnel sin necesidad de poner en acción los ventiladores.

Gastos de la construcción.—Los ingenieros ingleses han calculado los gastos, para la parte inglesa, en 162.500.000 francos; por la francesa, M. A. Sartiaux presupone, teniendo en cuenta los imprevistos, intereses durante la construcción, etc., un gasto de 200 millones de francos, ó sea, para el túnel completo, un gasto de 400 millones.

Como la distancia entre las estaciones será de 61 kilómetros y el túnel, propiamente dicho, tendrá una longitud de 53 kilómetros, resulta que el gasto por kilómetro será algo más de siete millones de francos.

Sin duda no se encontrarán, en la perforación del túnel submarino, las dificultades considerables que se han presentado en la de los grandes túneles á través de macizos montañosos, pero no cabe duda tampoco de que al abrir un túnel de tan gran longitud (es sensiblemente tres veces la del Simplón) se presentarán dificultades especiales para la organización de los talleres de evacuación de los escombros, que serán muy considerables. Será necesario, en efecto, evacuar un total de 3.600.000 metros cúbicos de escombros, que habrá que elevar en seguida del fondo de los pozos para transportarlo lejos de los talleres.

Explotación.—Gracias á la tracción eléctrica la explotación del ferrocarril submarino será de las más fáciles. La disposición adoptada para el perfil del túnel, que es casi horizontal en la parte central y sólo tiene rampas acentuadas en sus extremos, cerca de las fábricas centrales de suministro de la corriente, hará particularmente económica la distribución de la corriente de tracción.

En cuanto á los resultados económicos que puede dar la explotación diremos, con M. A. Dumas, que el Barón Emile d'Erlanger, conforme con las apreciaciones de M. Sartiaux, en un artículo publicado en el *Evening Standard*, declara, después de haber ultimado el coste de la construcción del túnel en 400 millones, que el túnel atraerá por lo menos un 65 por 100 (ó sean 1.300.000) de los viajeros que circulan entre Inglaterra y el continente por todas las vías actuales, de modo que si se percibe 12,50 francos por viajero, se puede contar con un ingreso de 16.250.000. Para los equipajes se puede añadir un 10 por 100, ó sea 1.625.000 francos y un millón para los servicios postales.

No es exagerado prever que las mercancías, para las cuales deberá escogerse un camino seguro y rápido, proporcionarán 20 millones de francos; de modo que los ingresos totales serán de 38.875.000 francos, y como los gastos de entretenimiento se calculan en 10.500.000, el beneficio anual sería de 28.375.000 para un capital de 400 millones de francos.

Concluye el autor del artículo que extractamos exponiendo los resultados económicos que traerá consigo la perforación del túnel y procurando desvanecer los temores de los armadores que creen perder una importante parte de su tráfico; finalmente, se extiende en amplias consideraciones militares, de las que prescindimos por considerarlas de un interés secundario para nuestros lectores.

Experimentos con columnas de cemento armado.

Por la American Concrete Institute se han verificado, recientemente, importantes experimentos de deformación con columnas de cemento armado. La dosificación usada fué la habitual en las construcciones de cemento armado en Nueva York, ó sea 1 : 1 $\frac{1}{4}$: 3. La longitud de las columnas era de 2,85 metros y el diámetro externo de 527 milímetros.

Se experimentaron 24 columnas, de 10 tipos diferentes, pero que pueden agruparse en cinco categorías fundamentales:

- 1.^a Tipo de armadura en espiral constante, armadura longitudinal variable, según el número y diámetro de los hierros.
- 2.^a Tipo de espiral reforzada.
- 3.^a Tipo de envolvente externa de cemento más densa.
- 4.^a Tipo de cemento puro sin armadura; y
- 5.^a Tipo con armadura longitud con hierros de ligazón horizontal sin espiral.

Las cargas medias de rompimiento para las cinco categorías resultaron muy diversas, oscilando entre 200 y 450 kilogramos por centímetro cuadrado.

Las conclusiones que de estos experimentos han podido deducirse, se resumen del modo siguiente:

- 1.^a Han confirmado la fórmula práctica que expresa f en función de p :

$$f = f_c (1 + p) + n f_c p,$$

en la que f indica la fuerza de compresión total á que pudo someterse la columna, f_c el esfuerzo soportado por el cemento, p el tanto por ciento del área de la sección transversal ocupada por los hierros longitudinales y n el coeficiente acostumbrado de reducción del hierro al cemento.

- 2.^a Han mostrado que las columnas armadas son más resistentes que las que están privadas de él.

- 3.^a Se pudo deducir que un cierto volumen de armadura en espiral da un efecto resistente cuatro veces mayor, próximamente, que el mismo volumen de hierro empleado en armaduras longitudinales.

- 4.^a Parece que el efecto de la armadura longitudinal decrece como crece el tanto por ciento de la armadura en espiral.

Tomamos esta nota del *Giornale del Genio Civile*.

Obras realizadas para impermeabilizar el canal del Rhin á Herne en la sección de Datteln á Hamm.

El canal de Datteln á Hamm (39 kilómetros) es á la vez una vía navegable y un canal de abastecimiento para los canales de Dortmund al Ems, del Ems al Weser y del Rhin á Herne. Toma sus aguas del Lippe cerca de Hamm y las lleva por la pendiente natural al tramo de partición común de los canales mencionados. El terreno arenoso en el cual está en parte abierto es permeable, y lo mismo sucede con las capas de marga hendida que en él se encuentran.

Su cauce ha tenido que hacerse impermeable por medio de importantes masas de arcilla y de marga plástica, cuya disposición y espesor están indicados en el perfil de la figura 1.^a La elección de las capas que habían de impermeabilizarse se ha hecho experimentalmente por medio de un tubo de vidrio, cuya parte inferior se llenaba de 30 centímetros de la tierra que había de ensayarse y el resto con agua bajo presión. Se medía la pérdida en un tiempo dado. Se ha encontrado así que la marga plástica se portaba como la arcilla y el limo arcilloso en proporción igual de arena, pero en una misma capa la impermeabilidad puede variar rápidamente. Se ensayaban también las tierras formando con ellas bolas en el agua; si disminuían poco á poco de volumen era que la proporción de arena era demasiado considerable.

Las masas se confeccionaban: 1.^o, por apisonamiento por medio de hombres, de caballos ó de piones de aire comprimido; 2.^o, por medio de rodillos de motores.