

# REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

## MEDIOS DE EVITAR LA FORMACIÓN DEL POLVO Y BARRO

### EN LAS CARRETERAS

La gran red de ferrocarriles construída desde mediados del siglo pasado motivó la postergación, por decirlo así, de las carreteras, que quedaron relegadas á segundo término; desde hace doce ó catorce años el desarrollo del ciclismo primero, y del automovilismo posteriormente, ha vuelto á dar gran importancia á estas vías de comunicación.

Los autos con sus grandes velocidades de 40, 50 y más kilómetros, levantan á su paso gran polvareda, molesta en primer lugar para los *chauffeurs* y más aún para los peatones y propietarios colindantes.

Esto ha motivado el estudio de varias sustancias que impidieran ó disminuyeran el polvo; entre los varios medios propuestos y ensayados, figuran en primer término los alquitranados ó embreados.

El polvo puede provenir, bien de los materiales que componen el firme (a), arrastrado por el viento (b), ó el formado por los excrementos y basuras que provienen de la circulación (c).

(a) Las carreteras afirmadas, mezcla de materiales duros (piedra) y recebos, aglutinados por compresión enérgica, vienen á formar una mampostería; sobre ésta las llantas de las ruedas obran de diferente modo, según sean *metálicas* ó *elásticas*.

Las metálicas, empleadas generalmente en los carros y carruajes, tienen poca superficie de contacto, y, por lo tanto, la presión es siempre grande, produciendo el *aplastamiento de los materiales* de la superficie y la *desagregación rápida de la masa* del firme; las llantas elásticas obran al contrario: la superficie de contacto es grande y el aplastamiento directo mucho menor; pero la gran velocidad de los vehículos produce el levantamiento del recebo de la superficie, se desagrega el firme poniendo al descubierto las partes más profundas que á la vez se desagregan; el efecto combinado de las llantas metálicas y elásticas produce un rápido desgaste, que, además de lo costoso, produce ese polvo espeso al paso de cada vehículo.

(b) Viene á sumarse este polvo con el producido como hemos indicado (a), y es imposible evitarlo; por eso se ha

tratado ó estudiado el medio de fijarlo, aglutinándolo por medio de un enlucido.

(c) Nada hemos de indicar sobre este punto, pues no es posible ni probable suprimirlo.

Estas consideraciones han obligado el estudio de las condiciones necesarias para suprimir ó al menos disminuir el polvo, y de aquí los ensayos y experiencias hechos con varias sustancias, y principalmente con el alquitrán de *hulla* ó *Coaltar*, que parece reunir condiciones especiales.

*Alquitranado.*—Empezaron los primeros ensayos el año 88 en el departamento de la Haute Garonne, continuando después en el de Orán el año 96, en California el 98; pero se puede decir que hasta 1902, en que el automovilismo empezó á tomar gran desarrollo, no se hizo nada formal y serio.

Los resultados de los alquitranados verificados en Mónaco llamaron de tal modo la atención del Doctor Guglielminetti, que los Ingenieros de Puentes y Calzadas del departamento del Sena tomaron la iniciativa para la aplicación del alquitrán bajo bases racionales y metódicas.

No presenta en el día la operación del alquitranado ninguna dificultad; sin embargo, no siempre da buenos resultados, puesto que en vez de adherirse, en muchas ocasiones forma un barro oscuro y manchadizo muy desagradable para la circulación, pues á pesar de las reglas generales existentes para obtener buen resultado, como muchos puntos están bastante oscuros ó al menos desconocidos, hay que estudiar los resultados obtenidos sin que se puedan analizar; la experiencia, sin embargo, acabará por presentar reglas más científicas y resultados más satisfactorios.

Bajo el punto de vista higiénico, ha sido tratado en 1905 en la Academia de Medicina de París por M. Alberts Josias, que publicó una interesante Memoria y de la que tal vez algún día haremos un ligero extracto.

La composición, origen y destilación del alquitrán de *hulla* es tan conocido de nuestros compañeros, que no nos detendremos en este punto, y únicamente nos limitaremos á extractar las experiencias de M. Andoin y de M. Vinsonneau. El primero operó con productos de la fábrica de gas de París, deduciendo que dichos productos deben emplearse en caliente, y el segundo se dedicó al estudio de la penetración del alquitrán ó brea en el espesor del firme, deduciendo las conclusiones siguientes:

1.ª El alquitrán debe estar muy fluido y desprovisto todo lo posible de agua.



2.ª Que la temperatura debe elevarse precisamente á 60 ó 70°.

En los ensayos de flexión ha encontrado que el máximo de flecha se obtiene con el alquitrán natural sin agua y el mínimo con el alquitrán reducido al estado de *pasta seca*, y en este estado es quebradizo como el vidrio.

Entre estos límites de muy bueno y muy malo, se clasifican todos los alquitranes según su grado de destilación.

La humedad se opone á la penetración del alquitrán en la masa del firme, y el estudio atento de esta cuestión ha permitido asegurar que el buen resultado de un alquitranado *estaba en función directa de la sequía del firme en el momento de la extensión*.

También se ha observado en los alquitranados que han dado buen resultado que las partes del firme, en los que tenía tendencia á desaparecer primero, correspondía, bien á los baches, en los que el agua se detenía más tiempo que en el resto de la carretera, y por lo tanto estaban menos secos, ó á simples manchones húmedos producidos accidentalmente.

No se insistirá nunca bastante en afirmar la *necesidad absoluta* de tener el firme perfectamente seco para obtener un buen resultado, y la mayor parte de los fracasos se debe en general á la omisión de este principio, demostrado en la Champegne en 1902, donde se alquitranó una carretera ligeramente regada de antemano, y cuyo resultado fué desastroso, puesto que el alquitrán permaneció líquido en la superficie, produciendo un barro sucio y manchadizo; y por el contrario, cuando el alquitranado se ejecuta en buenas condiciones, la acción de las lluvias durante mucho tiempo no produce efecto ninguno, secándose rápidamente.

Hay que observar, sin embargo, que si bien la acción de las lluvias ordinarias no perjudica gran cosa los alquitranados, los periodos prolongados de humedad como nieblas y lluvias continuas, aunque pequeñas, son funestas; se forma un barro negruzco, muy pesado, característico, constituido por una mezcla de polvo del camino en las partes pesadas de la brea, y al quitarlo, aunque sea con el simple barrido, las partes del firme así descubiertas se gastan rápidamente.

En resumen, la humedad parece ser el *gran enemigo* de los alquitranados, é impide la penetración si existe antes de la extensión y precipita el desgaste después.

El calor, en cambio, *facilita* la penetración del alquitrán en el firme, dándole una fluidez más grande, que se acentúa con la elevación de la temperatura, pues parece estar demostrado que el alquitrán penetra por capilaridad, y por lo tanto, cuanto más líquido, está en mejores condiciones para penetrar; los mejores alquitranados han sido siempre los ejecutados en tiempo *muy seco y caluroso*, y aun cuando parece necesaria la existencia del calor, no le es tan en absoluto como la sequía, y la prueba es que en algunas regiones en que los días calurosos son pocos, se han ejecutado buenos alquitranados, tomando alguna precaución para evitar el enfriamiento, pero operando siempre sobre un *firmo bien seco*.

Trataremos ahora ligeramente los diversos métodos de ejecución de alquitranados.

Lo primero que debe hacerse es barrer bien la carretera, para *desembarazarla del polvo é inmundicias*; pero no debe hacerse muy á lo vivo, pues se correría el peligro de hacer desaparecer completamente el recebo de la superficie.

El riego es un buen sistema de limpieza; pero siempre

que se efectúe con la anticipación necesaria para tener la completa seguridad de la sequía del firme en el momento de la extensión del alquitrán.

De dos maneras se hace la aplicación:

- 1.º En caliente.
- 2.º En frío.

Idénticos son los métodos y casi de la misma manera se hace la extensión; tiene, sin embargo, el calor la ventaja de la facilidad del empleo; la fluidez, como se ha indicado, tiene una importancia grande.

Se describirán, sin embargo, los dos métodos separadamente, aun cuando los aparatos empleados sean idénticos ó iguales.

#### Alquitranado en caliente.

Describiremos con algún detalle el extendido llamado á mano, cuyos aparatos, de poco coste, son fáciles de adquirir.

Las operaciones serán las siguientes:

- 1.º Aproveccionamiento del alquitrán.
- 2.º Calefacción.
- 3.º Extensión.
- 4.º Alisado.
- 5.º Enarenado.

1.º Para evitar pérdidas de tiempo, conviene con antelación llevar á la carretera y depositar en la longitud que ha de enlucirse, el alquitrán necesario, que generalmente se lleva en toneles y en cantidad aproximada de 1<sup>k</sup>,2 á 1<sup>k</sup>,5 por metro cúbico.

Para la primera extensión, sobre firme silíceo comprimido con apisonadoras de vapor, se ha observado que la cantidad necesaria de alquitrán á 60° será la siguiente, según la temperatura ambiente:

- 1<sup>k</sup>,4 para temperaturas de 8° á 12°.
- 1,3 ídem íd. 12° á 20°.
- 1,15 ídem íd. 20° á 25°.
- 1 para temperaturas superiores á 25°.

Se han empleado varios medios para transvasar el alquitrán desde los toneles á las calderas, medios que no necesitan detallarse.

2.º Según la temperatura, será mayor ó menor la salida del alquitrán, y de varias experiencias llevadas á cabo por Mr. Andoin, se ha deducido que para el mismo orificio de salida y la misma carga el gasto es el siguiente:

- Temperatura de 12° á 15°, 40 cm<sup>3</sup>.
- Ídem á 50°, 225 cm<sup>3</sup>.
- Ídem á 70°, 280 cm<sup>3</sup>.

Esta última temperatura es la generalmente adoptada.

Para poder manejar con facilidad los depósitos de calefacción no deben tener éstos mayor cabida de 70 litros.

3.º El extendido se hace por medio de regaderas con alcachofa especial, provista de 8 ó 10 orificios dispuestos en línea recta; los orificios de 1 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> á 2 milímetros de diámetro; capacidad para 15 á 20 litros; debe estar cerrada por la parte superior para evitar el derrame del líquido y provistos en general de un apéndice para mantener la regadera separada de la superficie del firme durante el riego; es conveniente filtrar el alquitrán al verterlo en las regaderas, para evitar la obstrucción de los orificios de salida.

4.º Debe en seguida alisarse y no *barrer* con escobas suaves ó con rastrillos de caucho.

5.º Se procede en seguida al enarenado, sin que esté bien determinado el papel que hace la arena; parece sirve de ais-



lador y permite abrir rápidamente á la circulación el trozo alquitranado.

De ser posible, es muchísimo mejor esperar uno ó dos días á que se seque el alquitrán sin enarenarlo; pero si es urgente abrir el trozo á la circulación, puede hacerse estando bien enarenado, después de dos ó tres horas.

*Observaciones.*—Los operarios para andar sobre el alquitrán fresco conviene estén provistos de *suelas de madera*, que no dejan impresión sobre el alquitranado reciente.

Haremos ligeras indicaciones sobre diversos aparatos empleados en alquitranados á mano.

M. Lagueau en Neuilly-sur-Seine hizo uso de un material construido por M. Guillot, consistente en calderas-soportes y hogares móviles.

La caldera de palastro alquitranado de forma cilíndrica, con cubierta y llave especial en la parte inferior para el vaciado rápido, á fin de llenar pronto las regaderas; su capacidad, 75 litros.

El hogar separado de la caldera y montado sobre ruedas.

Las regaderas también de palastro galvanizado y de 15 litros de cabida.

Empleó escobas de coco después de haberlas usado de crin, que no le dieron tan buen resultado.

M. Girardot ha empleado aparatos, si no iguales, muy parecidos á los anteriores.

Conviene frotar con cierta fuerza con las escobas, á fin de que el alquitrán se filtre bien, y es conveniente esperar cinco horas por lo menos, teniendo cuidado de extender el líquido que se detenga en las inflexiones ó pequeños baches, así como llevar al centro el que se escurra á los costados.

Después de dichas cinco horas se recubre de una capa de 3 milímetros de arena, y de no haberla no hay inconveniente de hacer uso del mismo polvo previamente reunido, siempre que esté desprovisto de materias terrosas y extrañas; ha dado buen resultado la mezcla del polvo y arena, y debe extenderse naturalmente de una manera uniforme.

Á ser posible, la circulación debe interrumpirse lo menos doce horas; pero de no hacerlo es preferible alquitranar la mitad de la calzada primero, y cuando por ésta se restablezca la circulación, alquitranar la otra mitad; las dos partes se sueldan perfectamente sobre el mismo eje de la carretera.

El Ingeniero de Puentes y Calzadas M. Baratte, al servicio de la villa de París, empleó unas locomóviles arrastradas por dos caballerías y que calentaban rápidamente el alquitrán de 70° á 80°.

En resumen, los aparatos difieren poco unos de otros y se modifican por los que los han de usar según las condiciones y circunstancias; de todas maneras, hay que operar siempre con rapidez, y en tiempo seco y caliente, razón por la que se han estudiado y ensayado medios mecánicos que permitan operar de prisa; por esta causa los que se han ocupado de este asunto hasta la fecha han empleado diferentes procedimientos para el alquitranado, pero todos bajo el mismo principio: toneles de gran capacidad con regadera y alisado mecánico, á fin de que el extendido sea rapidísimo; sin embargo, los preparativos de aprovisionamiento, calefacción, relleno de las cisternas, etc., siguen siendo lentos, y los estudios prosiguen para perfeccionarlos.

Indicaremos que en el departamento de Ifred (Bélgica) el Ingeniero principal M. Froidure ha utilizado un batidor presentado sobre ruedas que lleva cuatro calderas y que se puede transportar con facilidad por un obrero, y estar, por

lo tanto, al alcance cuando se necesite; este mismo Ingeniero ha suprimido la mano de obra del barrido, adaptando á la regadera una escoba que va extendiendo el alquitrán al tiempo de salir; esta misma regadera-escoba la había ensayado M. Andoin y le fué preciso abandonarla.

Hechas las ligeras indicaciones que anteceden sobre el extendido á mano, nos ocuparemos de los diversos procedimientos mecánicos usados hasta el día.

### Procedimientos mecánicos.

En la proximidad de los grandes centros de población las fábricas de gas pueden enviar á los sitios de su empleo grandes cisternas con 4 ó 5.000 kilos de alquitrán á temperaturas de 60° á 70°, lo que simplifica extraordinariamente la operación, que quedará reducida á transvasarlo á toneles de unos 200 litros próximamente, provistos en su parte posterior de un tubo-regadera de 1 á 1,30 metros de longitud, provisto de orificios de 1<sup>a</sup>, 5 á 2<sup>a</sup> de diámetro y separados unos de otros 0<sup>m</sup>,05; para el arrastre es suficiente un obrero, que debe empezar por el eje de la carretera, y de esta manera irá trazando bandas de 1 á 1,30 metros, debiendo tener cuidado que éstas se recubran.

El Ingeniero M. Andoin ha ideado un aparato llamado *ametralladora*, que ha servido de modelo á todos los similares construidos posteriormente.

Se componen estos aparatos de un recipiente cilíndrico horizontal de 200 litros de cabida, provisto de un hogar que permite elevar la temperatura del alquitrán á 70° ó 80°; un ingenioso sistema de tubo regadera facilita el derrame del alquitrán sobre el firme, y un juego fijo de rastrillos de cancho verifica la extensión; su arrastre se verifica fácilmente por uno ó dos obreros; su inconveniente principal consiste en el mucho tiempo preciso para llenarlo y calentarlo.

La Sociedad de alquitranados de carreteras (Leassailly y Compañía) se sirve de un aparato más perfeccionado que puede calentar en una hora 2.400 litros de alquitrán. Se compone de un generador vertical colocado en la parte delantera de una especie de camión montado sobre cuatro ruedas, generador destinado á la producción del vapor, que comunica por medio de un tubo con un depósito cilíndrico colocado en la parte posterior del vehículo que contiene el alquitrán, que se calienta por medio de un serpentín colocado interiormente y que recibe el vapor del generador; lleva además un depósito que contiene el alquitrán frío y también una pequeña bomba de mano.

Una vez lleno el depósito de alquitrán, que se vuelve á llenar cada vez que sea preciso por el procedimiento que se crea mejor, todo el resto del funcionamiento se verifica por el vapor, haciéndole circular por el serpentín para calentar el alquitrán hasta la temperatura de 70° á 80°; introducido de nuevo el vapor en el depósito, obra por presión sobre el alquitrán, que le hace pasar por un tubo para empujarlo al exterior; vacío el depósito, el vapor se condensa para aspirar una nueva cantidad de alquitrán.

Esta máquina ó artefacto permite alquitranar 2.000 m.<sup>2</sup> por hora.

Vinsonneau y Hédeline emplearon un tonel metálico montado sobre dos ruedas para ser arrastrado por una caballería, por obreros ó automóvil, pues los tres modelos están en uso.

Un termosifón calentado por petróleo generalmente



puede elevar la temperatura á 80°; un compresor comprime el aire en un depósito á la presión de 5<sup>k</sup> por cm<sup>2</sup>, y este aire comprimido obra sobre el alquitrán para darle cierta presión y uniformidad de salida.

La extensión del alquitrán suele ser el 1,100 á 1<sup>k</sup>,300 por m<sup>2</sup> en dos pasadas; su inconveniente, pérdida de bastante tiempo para llenarlo y calentarlo; posteriormente se ha reformado este aparato, bastando en la actualidad con una pasada para el alquitranado; está provisto también de un aparato protector para evitar la proyección del alquitrán fuera del recinto á alquitranar.

La casa Durcy Solig emplea un aparato idéntico en la esencia á los descritos, y su inconveniente, como todos los calentadores-distribuidores, es su poca capacidad.

Muchas modificaciones é inventos se hacen de estos aparatos, pero todos basados en el mismo principio, y casi todos con idénticos resultados.

Muchos alquitranados se han hecho en Francia, tanto sobre carreteras nacionales como departamentales y en vías de grandes poblaciones, pudiendo deducirse de todos los datos publicados las siguientes conclusiones:

1.° El alquitranado es eficaz para impedir la formación de polvo todo el tiempo que la película superficial exista; es conveniente, por lo tanto, proceder todos los años á su reparación.

2.° El firme impregnado de alquitrán en 8 ó 10 centímetros se conserva en muy buen estado; por lo tanto, hay menos desgaste.

De resultados obtenidos en Francia extractaremos algunos, indicando los lugares de los ensayos.

En la Alta Garona, carretera de Oran á Mers y Hebiz; en Meaux, en 1902, se hizo el ensayo en varias carreteras de más de 2.000 metros y pendientes hasta el 2 por 100, y en vista de sus resultados proseguían los ensayos en 1903; en la carretera departamental núm. 32, travesía de Bucil, en 500 metros; en la nacional, núm. 3, salida de Trelport, en 454 metros sobre el puente y terraplén que le sigue; en la carretera departamental núm. 21, proximidad de Lagny, en 1.200 metros; en la núm. 17 bis, proximidad de Moissil, en 200 metros; en el camino de gran comunicación núm. 5, á la entrada de Bascule, en 268 metros.

Sobre la carretera de Fontainebleau, de cuyos resultados publicó una Memoria el Ingeniero de Puertos y Calzadas M. Borcy en los Anales de 1903.

En Melun, Memoria también publicada en 1904 por el Ingeniero M. Imbs.

M. Girardeau publicó también sobre la desaparición del polvo y barro.

M. Lagueau, lo mismo sobre los resultados en Neuilly-sur-Seine.

M. Baratte, en París, avenida G. Armée y M. Pereire.

M. Farutier y M. Gavrian, en las carreteras núm. 13, en Mantes; núm. 85, en Ville d'Avray y Saint-Cloud, y número 190, en Vesinet.

De todos los ensayos verificados en Francia en estos últimos años se deducen resultados que hemos indicado de que conserva el firme y evita el polvo todo el tiempo que la película superficial exista; y en cuanto á la duración eficaz de un alquitranado, varía según la importancia y naturaleza de la circulación.

En cuanto á precios, indicaremos los que hemos visto y que varían de 0,12 á 0,15, teniendo en cuenta que el alquitrán ó brea no pasa de 50 francos la tonelada.

En cuanto á la cantidad de alquitrán ha variado de 1<sup>k</sup> á 1<sup>k</sup>,500 por m<sup>2</sup> en el primer año, cantidad que se reduce á la mitad para años sucesivos.

#### CONCLUSIONES

Emplear alquitranes completos ó especialmente preparados; que las carreteras tengan un perfil regular y recargadas en el año á las vías, teniendo sumo cuidado el limpiar siempre el firme antes del extendido del alquitrán, y especial cuidado en que esté completamente seco y sobre un firme, á ser posible, bien caldeado, sirviendo siempre de guía para los medios que han de emplearse la cuestión económica.

Se precisa la *conservación* del alquitranado y que por el pronto deben alquitranarse aquellas vías de gran frecuentación de automóviles, ó vías que podemos llamar de lujo, en las que la economía del riego y barrido compense inmediatamente el gasto del alquitranado.

#### Alquitranado en frío.

El inconveniente del alquitranado en caliente ya hemos visto consiste en el tiempo perdido en elevar la temperatura á los 70° ó 80°, razón por la que se ha tratado de emplear el alquitrán en frío.

Se ha dedicado á este ensayo el Ingeniero de Puentes y Calzadas M. Le Gavriau, sobre todo en el departamento del Seine et Oise, publicando sobre este procedimiento una Memoria, de la que extractamos lo siguiente:

«El calentado sólo tiene por objeto hacer fluir al coaltar para facilitar su empleo, puesto que en frío se extiende muy mal, y su viscosidad impide una rápida penetración; para emplearlo en frío precisa, por lo tanto, darle fluidez, lo que se consigue mediante una mezcla íntima con un aceite pesado, de densidad próximamente iguales; se ha demostrado que mezclando un 10 por 100 de aceite pesado con un 90 por 100 de alquitrán se obtienen satisfactorios resultados; una vez esto conseguido, los procedimientos, tanto manuales como mecánicos, son enteramente idénticos á los descritos para el alquitranado en caliente; los resultados no han sido tan satisfactorios como con el calentado; prosiguieron en 1907 los ensayos, sobre todo en el departamento del Seine, y se ha visto que, á pesar de la mezcla con el aceite pesado, ha sido preciso *calentar* el alquitrán para poder transvasarlo, exigiendo además un alisado enérgico por extenderse con dificultad, y el avance, por tanto, es más lento.

Se han ensayado en las proximidades de París y en el Mediodía de Francia otros procedimientos de alquitranado; el llamado al fuego, ideado por M. Francon, que consiste en extender sobre la carretera una capa de alquitrán y prenderle fuego por intermedio de un hornillo móvil calentado al cok, cuyo hogar dista 0<sup>m</sup> 15 próximamente de la superficie del firme y que se pasa sobre el alquitrán.

Los resultados han sido satisfactorios, pero con el grave inconveniente de levantar grandes llamas, y, sobre todo, un humo tan espeso que recubre, lo mismo las plantas como los edificios próximos, de un negro de humo que no desaparece ni con las grandes lluvias, lo que ha hecho se suspendiera este procedimiento en espera de encontrar algún medio que evite este grave inconveniente.»

Nada hablamos del sistema del *tar-macadán*, sistema inglés, descrito con detalle en esta Revista, y que no sabien-



do aún su resultado, su precio es tan elevado que no es fácil su aplicación á las carreteras.

Á pesar del desarrollo de los alquitranados, es difícil poder precisar la economía por la disminución del desgaste del firme, y será preciso esperar aún algún tiempo antes de poder establecer resultados ciertos y estables.

Se ha visto, sin embargo, desde hace dos años, en calicatas de varias carreteras con perfiles comparables alquitranados unos y no alquitranados otros, el *menor desgaste* en los primeros; á pesar de esto, ya hemos indicado ser preciso esperar para poder sentar en absoluto una opinión.

### Petróleo.

Los primeros ensayos en grande de inyectar petróleo en los firmes se hicieron en los Estados Unidos, en California, región rara en lluvias, y, por lo tanto, de gran sequía en tiempo normal; precisaba, por ello, efectuar riegos en las carreteras, á cuyo efecto se abrieron varios pozos convenientemente distribuidos, para períodos prolongados de sequía; á pesar de los grandes gastos, no fué posible encontrar agua, y en sustitución, el servicio de carreteras determinó reemplazar el agua por los aceites pesados que provenían de los terrenos petrolíferos vecinos; los resultados fueron bastante satisfactorios.

Los preparativos son algo diferentes de los alquitranados.

La temperatura ambiente debe ser elevada, y la aplicación del producto debe hacerse en caliente y á temperatura de 80° á 120°.

Como para el alquitrán, es preferible operar sobre firmes en buen estado, aun cuando tiene para el petróleo menos importancia.

El petróleo parece fijar el polvo sobre el camino, formando una mezcla ó enlucido muy adherente; por lo que precisa no desembarazarse del polvo en absoluto, tanto que algunos Ingenieros operaban sobre el mismo polvo.

En Francia se ha seguido un procedimiento más racional, que consiste en barrer la carretera y colocar el polvo á los costados formando una especie de cordón; se extiende en seguida el petróleo y 15 ó 20 minutos después se recubre la superficie con el polvo recogido anteriormente, aun cuando esta capa debe ser ligera, pues con exceso se forma un barro especial menos adherente que el enlucido protector, y de sobrevenir mal tiempo después de la operación, este barro escurre rápidamente, arrastrando consigo una parte del petróleo; se puede reemplazar el polvo por arena, pero se ha visto dar mejor resultado empleando el polvo.

La cantidad media de petróleo que debe emplearse es de 0,500 litros á 0,800 por m<sup>2</sup>, y el precio oscila entre 0,08 francos y 0,15. Estos petróleos, muy empleados en América, país productor, lo han sido poco en Europa.

Al principio se achacaban al petróleo un mal olor y efecto destructor sobre las ropas y neumáticos; sin embargo, estos temores no eran justificados; el olor desaparece muy pronto, y no se ha demostrado la acción corrosiva sobre los neumáticos de caucho.

Los ensayos más interesantes se verificaron en el departamento de Seine et Oise por M. Panevazi, carretera vecinal núm. 10, entre Versailles y Saint Cyr, y según lo publicado en la revista francesa de Obras públicas de Octubre de 1902, al cabo de un mes no quedaba trazas de petróleo;

bien es verdad que se operó á último de Septiembre, época muy avanzada.

En Ginebra, M. Harcher, Ingeniero de obras de la villa, hizo algunos ensayos y consiguió desde Junio á Septiembre la ausencia del polvo sin necesidad de barrer ni regar. No conocemos más ensayos, que por otra parte no tienen interés grande en Europa, por no ser país productor de petróleo.

También se ha ensayado el mazout ó alquitrán de petróleo, que es el residuo de la destilación, ensayos que se verificaron también en Versailles, y cuyos resultados, parecidos á los del petróleo, han tenido un coste medio de 0,19. Resultando, por tanto, buenos para evitar el polvo, pero de muy poca duración (sólo algunas semanas), y su coste superior al del alquitrán, no siendo en el país productor.

Otros varios pavimentos se han empleado, como el de westrumita, odoercol, pulveranto, etc., así como sales delicuescentes, pero todo ello, hoy por hoy, sin resultado satisfactorio, y más bien en período de pruebas que en práctica, razón por la que no nos detendremos en detalles que á nada conducirían.

Hemos seguido en los ensayos lo estudiado y publicado en Francia, pues si bien en Bélgica, Italia, Alemania, América, Suiza é Inglaterra se vienen verificando estos ensayos, sobre todo el del alquitranado, en ninguna de las Naciones se han verificado en la extensión é importancia que en Francia, y, por lo tanto, de aquí hemos podido obtener muchísimos más datos y resultados que en las otras Naciones; en los mismos Estados Unidos los ensayos verificados se operaron sobre pequeñas superficies, sin que hasta la fecha publicaran resultados tan decisivos como los franceses; en España algo se ha empezado á hacer, pero hasta la fecha tan en pequeño y con medios auxiliares tan deficientes que no nos atrevemos á estampar los resultados obtenidos en alguna provincia; en la actualidad se están preparando en varias provincias, tanto del Norte como del Centro y Mediodía, para hacer ensayos en cierta escala de alquitranado, por lo que se han encargado ya al extranjero máquinas y artefactos que permitan hacer esta operación con ciertas garantías.

De otro pavimento daremos algunas noticias, aun cuando por su coste no es propio de las carreteras; nos referimos á los asfaltados; en Francia, Bélgica, Inglaterra y otras Naciones en las que en las grandes villas y ciudades los Ingenieros están encargados de cuanto se relaciona con el saneamiento y pavimentos de sus vías, se han ocupado en ensayar y estudiar los resultados; aquí, si bien en casos muy raros y extraordinarios, como, por ejemplo, en trayectos que por su mucho movimiento no resistían los afirmados ordinarios y se aplica el asfaltado, en lo corriente no hay que pensar en ello, sobre todo por su mucho coste.

Los asfaltados, en general, son muy resbaladizos en tiempos lluviosos, produciéndose también muchas caídas de caballerías en tiempo seco, razón que impide aplicar este pavimento en pendientes que lleguen al 0,02; este inconveniente se atenuaría mucho de estar todas las calles pavimentadas del mismo modo, pues así se acostumbrarían á marchar sobre estos pavimentos.

La gran ventaja de estos pavimentos son la carencia de ruido, suavidad de la circulación, carencia de polvo y barro y facilidad para la limpieza; desgraciadamente el asfalto no resiste una circulación activa y pesada; en París, en las calles de mucho tráfico y en muchas del centro, en las que el movimiento ha aumentado considerablemente en estos últi-



mos años, el asfalto exige reparaciones continuas y el gasto de conservación ha llegado á tanto, que el Ayuntamiento de París se ha visto obligado á renunciar á este pavimento.

En Madrid mismo se puede observar el estado deplorable de muchas vías asfaltadas por falta de una continua conservación, que indudablemente debe ser costosísima.

El asfalto es frágil, su preparación y aplicación exige cierta práctica, cuyas condiciones no están aún bien determinadas.

Nada hay que manifestar sobre el estado del asfalto á lo largo de las vías de los tranvías, donde es imposible conservarlo en buenas condiciones; sería preciso, para que se mantuviera bien, que el carril estuviese rigurosamente inmóvil en todos sentidos y esto no es posible; todas las vías experimentan cierta flexión, ó por lo menos vibración, razón por la que en pocos días deshacen el asfalto contiguo.

Los paliativos que se aplican, como poner una faja de adoquines entre los carriles y el asfalto, destruye la unidad del pavimento y su casi ninguna sonoridad, que es una de sus ventajas.

Es preciso, por lo tanto, reservar estos pavimentos para aquellas vías que no tengan tráfico pesado ni vías férreas.

Unido esto á su alto precio, es por lo que no es posible ni conveniente aplicarlo á las carreteras, ni aun siquiera en la proximidad de los grandes centros de población ó industriales.

Razones todas que han obligado á renunciar este género de pavimentos y dedicarse á estudiar y ensayar con cuidado los alquitranados, que son mucho más económicos, y que, bien conservados, parece están llamados á ser los pavimentos del porvenir para evitar en lo posible el barro y el polvo.

R. G. RENDUELES.

## PUERTO DEL MUSEL

(CONTINUACIÓN)

Examinado atentamente el trazado descrito, encontramos que había de ofrecer, en nuestro concepto, graves inconvenientes que procuraremos concretar en muy breves palabras.

Sabido es que cualesquiera que sea la dirección de la marejada en mar libre y profundo, dicha dirección es siempre normal á la costa en cada punto por efecto de la desviación gradual que experimenta á causa de las resistencias que encuentra á su propagación en las inmediaciones de aquélla; resulta, por lo tanto, como consecuencia de este hecho, que todas las gruesas mares del cuarto cuadrante y las del primero hasta el NE., irían á estrellarse con la segunda de las alineaciones que componen el dique S., según el trazado que discutimos, ó sea con la alineación paralela á la costa, en dirección próximamente normal á ella, mientras que las procedentes del NE. y las restantes del primero y la mayor parte de las del segundo cuadrante penetraría en el interior del puerto por reflexión; las consecuencias de esta disposición serían producir en toda la longitud de la expresada alineación y la embocadura una agitación del mar altamente perjudicial para las embarcaciones que vengan en demanda del puerto, una grave amenaza para los fallos de gobierno ó que no rindan á tiempo la bordada para ganar la boca, en

cuyo caso serían impelidos forzosa é inevitablemente contra el obstáculo que ofrecería el dique, encontrando su pérdida allí donde esperaban dar descanso á sus fatigas y término á sus afanes; y, por último, favorecería á la transmisión de la marejada al interior del puerto, en vez de impedirlo.

Como el simple examen del plano pone de manifiesto la exactitud de estas afirmaciones, creemos innecesario extendernos en consideraciones para demostrar lo que en nuestro concepto es evidente.

De aquí que no hallando aceptable aquella disposición, estudiamos otra que evita estos graves inconvenientes, y la que se nos ocurrió es sumamente sencilla, y consiste en reducir el dique S. á la primera de dichas alineaciones indicadas en la solución descrita, es decir, aquella que, partiendo de la punta del Orio, se dirige en dirección normal á la alineación recta del dique N. suprimiendo la segunda alineación, ó sea la paralela á la costa, y en su sustitución prolongar el dique N., siguiendo recta hasta que su extremo ó morro cubra el morro del dique S.

La longitud de éste y la parte que debe prolongarse el dique N., las fijamos teniendo en cuenta que la orientación más conveniente de la boca es del O. SO. al E. NE. y la anchura de ésta la fijamos en 196 metros, determinadas, la primera, teniendo en cuenta la quietud y tranquilidad del puerto y su abordabilidad, y la segunda por comparación con otros puertos.

No terminaremos sin exponer que las principales ventajas de este trazado son no dar lugar á agitación ninguna en la boca del puerto é impedir la transmisión de la marejada á su interior, ofreciendo además de éstas, que son notorias, la de aumentar en 15 hectáreas la reducida superficie del espacio que abrigan los diques, permitiendo prolongar el muelle adosado al dique N., aumentando la línea de atraque y zona para las operaciones de carga y descarga á medida que las necesidades del tráfico lo requieran, en condiciones muy favorables para el enlace con las vías férreas y de servicio de los muelles, con grandes calados al pie de los mismos y sin aumentar sensiblemente el coste total de las obras.

Podría caber el temor, al observar en el plano hidrográfico y topográfico de la costa, entre los Cabos de Torres y San Lorenzo, levantado por D. Fernando García Arenal, que con la disposición y trazado de los diques que se propone, resulta la embocadura del puerto á 300 metros del cantil del Lajo La Figar, que pudiera constituir esta vecindad un grave inconveniente para la abordabilidad del puerto; pero considerando que dicho bajo, que constituye la extremidad del pedregal que ocupa gran parte de la concha, ofrece un calado en su cabeza de 13 metros, no rompe sino en bajamar viva con gruesas mares, en cuyo caso rompen todos los demás bajos, y en estas circunstancias, que no son frecuentes, las rompientes no las despide hacia el O., en cuya dirección se presenta acantilado, sino hacia S. y SE. no creemos fundados aquellos temores; deseando, no obstante, fortalecerlos con el parecer de prácticos y marinos conocedores de la localidad, les hemos consultado y unánimemente nos han manifestado su opinión conforme con la nuestra que dejamos consignada.

La aprobación definitiva de la Real orden de 21 de Noviembre último del proyecto reformado de las obras del dique N. del puerto del Musel, que tuvimos la honra de redactar con fecha 15 de Noviembre de 1900, dejó de una vez resuelto y para lo sucesivo el importante problema del sistema de construcción de las obras, que en vista de las razo-



nes expuestas en dicho proyecto y de los luminosos informes emitidos con ocasión del mismo, se considera como más conveniente y puede decirse que único admisible en el caso especial de que se trata.

No vamos, por lo tanto, aquí á repetir las ventajas que la solución concertada en toda su pureza presenta sobre la solución mixta de basamento de escollera y superestructura concertada objeto del proyecto primitivamente aprobado y que sirvió de base á la subasta de las obras, porque en aquel proyecto se detallan suficientemente, y las recientes averías sufridas en los puertos de Valencia y Santa Cruz de Tenerife confirman, ni vamos á insistir sobre las circunstancias locales que tan poderosamente influyen en la elección de uno ú otro sistema y por las cuales se justifica la que del sistema concertado se propuso y fué aceptada para el dique N. del Musel, aplicable en un todo al resto de las obras, y especialmente á las del dique S. de que nos ocupamos; ocioso sería volver á consignar lo que acerca de la situación y calidad de las canteras que en un extenso radio de las obras podrían explotarse para obtener la piedra en cantidad y calidad necesarias para la ejecución de las mismas, dejamos expuesto en el citado proyecto y fué la causa primordial de la reforma del proyecto aprobado; por lo tanto, este punto lo consideramos definitivamente resuelto y sin discusión propusimos para perfil del dique S. como único adecuado, el sistema concertado en los mismos términos en que para el dique N. fué propuesto y la Superioridad tuvo á bien aceptarlo.

Al abordar, por consiguiente, este punto, fueron nuestros propósitos presentar un perfil ó sección tipo del expresado dique S., tal y como nosotros entendemos que debería construirse á fin de reunir en aquel anteproyecto todo lo que debía ser objeto de estudio y solución en un proyecto definitivo, y para que en su día se hallen definidas y acordadas las bases generales y pueda procederse á la redacción de aquél, sin las dudas y vacilaciones que experimenta quien por primera vez tiene que someter al examen de la Superioridad un estudio de tan transcendental importancia, estudio que no obstante en el caso particular de que se trata, podía considerarse también en un principio resuelto, aceptando con una ligera variación el mismo perfil aprobado para el dique N. No hay razón, en efecto, que justifique un cambio radical en la estructura del dique en proyecto con relación al del Norte en construcción, porque si bien por su emplazamiento y orientación no se halla el primero tan directamente expuesto como el segundo á la acción de las gruesas mares del N. y NO., que constituyen en esta costa las mares tempestuosas, debiendo en parte utilizarse dicho dique para las faenas comerciales y necesitando, por lo tanto, llevar adosado en una cierta longitud, muelle donde puedan llevarse á cabo la carga, descarga y depósito de mercancías, la conveniencia de poder construir con independencia los dos muros que contienen el pedraplén que constituye el andén del muelle, á fin de poder avanzar el exterior y á su resguardo construir el interior, transversales, relleno y demás obras necesarias, impone la necesidad de dar al indicado muro exterior los espesores que en el proyecto reformado del dique N. justificábamos.

Existe, sin embargo, una parte de dicho perfil que puede sin inconveniente alguno reducirse su importancia precisamente por efecto de la menor exposición del dique S. á la acción de las marejadas, que, como dejamos dicho, se deduce de su emplazamiento y dirección, y esta parte es el

parapeto que del lado exterior protege el muelle impidiendo que las olas, salvando la pequeña altura á que aquél se halla enrasado sobre el nivel de las pleamares, lo invadan constantemente, imposibilitando toda clase de operaciones comerciales y arrebatando el pedraplén de relleno entre los muros que constituye el andén ó zona de servicio del expresado muelle; pero reconociendo la necesidad de no suprimir el parapeto, puede reducirse su importancia teniendo en cuenta, por una parte, que las mares que van á chocar contra el dique S. no tendrán la violencia de las que chocan contra el dique N., y su dirección, por otra parte bastante oblicua, no dará lugar á la gran intumescencia que se produce en el dique N., donde con frecuencia las olas rebasan el elevado parapeto, con potencia que acredita el hecho de habernos derribado varios años la grúa de 3 toneladas que en la parte superior del mismo teníamos instalada para la construcción de dicho parapeto.

El perfil que propusimos es, en nuestro concepto, suficiente para que las olas no invadan el andén del muelle, y produce una no despreciable economía, reduciendo el volumen del parapeto por metro lineal de dique desde 17,30 metros cúbicos que cubría en el dique N. á 7,20 metros cúbicos, ó sea una mitad de aquél; para conseguir este resultado, además de las menores dimensiones del perfil, se propuso aligerarlo por medio de arcadas abiertas del lado del muelle.

La segunda parte del dique, aquella que no lleva muelle adosado, su sección podría reducirse á la del muro exterior terminado en un morro circular, donde se situará en su día la luz que balice la extremidad del dique y marque durante la noche, con la situada en el dique N., la boca de acceso ó entrada al puerto.

## II.—DISTRIBUCIÓN INTERIOR DEL PUERTO

Los diques, de cuyo emplazamiento y trazado nos hemos ocupado, abriga una superficie de 95 hectáreas en b. m., y siguiendo el plan que en nuestro anteproyecto nos impusimos, pasamos á ocuparnos de la distribución de la expresada superficie.

No es posible dictar reglas que fijen la relación que debe existir entre la superficie flotable y la de los muelles adyacentes, ni para el trazado y agrupación de éstos, ni para la capacidad de los tinglados y almacenes de depósito, ni para el número y fuerza de los medios de carga y descarga, elementos todos que contribuyen poderosamente á facilitar el tráfico, ó á dificultarlo, según estén ó no en armonía con las necesidades de la navegación y la clase de mercancías que constituyen principalmente el tonelaje del puerto.

Sin embargo, tampoco puede afirmarse que sea arbitrario el valor que cada uno de estos factores tenga, y, por lo tanto, en todo puerto el estudio detallado de sus condiciones debe servir para fijar de un modo seguro la relación que entre sí deben guardar.

El proyecto aprobado de las obras del primer período del puerto del Musel, comprenden, como obras interiores, la construcción del muelle de ribera, que, como ya hemos dicho, arranca del dique N. á 60 metros de su enlace con la costa, y dirigiéndose hacia el Sur en dirección próximamente paralela á aquélla, termina en la punta de la Espiga ofreciendo un desarrollo de 1.270,70 metros, de cuya expresada longitud solamente en 298 metros existen calados poco superiores á 5 metros en bajamar viva equinoccial; en 842,70,



los calados varían de 0 á 5 metros con relación al indicado nivel del mar, descubriéndose el fondo en el resto, ó sean 130 metros.

Prescindiendo de que sin la construcción del dique S., la mayor parte de la línea del citado muelle no podría ser habilitada para las faenas comerciales por la falta de abrigo suficiente para permitir á las embarcaciones permanecer atracadas al mismo durante los temporales del primero y cuarto cuadrante, según se ha demostrado en lo expuesto anteriormente, entendemos que este muelle, que en la época lejana en que fué redactado el proyecto podía llenar muy bien las necesidades del tráfico marítimo, en la actualidad, la rápida transformación en los medios de transporte marítimos haciendo desaparecer aquel carácter aleatorio, y puede decirse que precario, á que la navegación estaba sujeta cuando sólo se empleaban buques de vela, ha impuesto á los establecimientos marítimos nuevas condiciones á que las obras indicadas están muy lejos de satisfacer.

Á este efecto, hacíamos observar el predominio siempre creciente de la navegación á vapor y el aumento progresivo en las dimensiones de los buques, cuyo elevado costo y los grandes gastos que ocasiona su funcionamiento han obligado á introducir modificaciones considerables en las condiciones de establecimiento de las obras de puerto, á fin de que aquéllos entren y atraquen á los muelles en cualquier estado de la marea, esforzándose por aumentar los calados al pie de los mismos, para poder recibir los mayores buques que frecuentan las grandes vías marítimas y que regulan más ó menos el comercio del mundo.

Coincidiendo con lo que exponíamos en la Memoria de nuestro anteproyecto, ha dirigido á la Société des Ingenieurs Civils de France, M. G. Hersent, en Marzo de 1908, seis años después de nuestro trabajo, una interesantísima comunicación sobre los grandes puertos franceses, su transformación, su autonomía, que contiene datos tan pertinentes á esta materia, que no resistimos al deseo de consignarlos, porque confirman de un modo elocuente nuestro criterio y justifican, con su indiscutible autoridad, la mejora de las obras que proponíamos, á fin de adaptarlas y ponerlas en armonía con los progresos realizados en el medio del transporte, siguiendo el ejemplo de todos los países, cuyos esfuerzos se dirigen á equiparse de manera que puedan soportar victoriosamente la competencia de sus rivales, favoreciendo el desarrollo considerable del movimiento industrial que llevan consigo los puertos marítimos.

Estudiando M. Hersent los progresos realizados en la arquitectura naval y las dimensiones que pueden preverse á los buques dentro de quince á veinte años, hace observar las transformaciones radicales llevadas á cabo en un período de ochenta años, y particularmente en los últimos treinta años, durante los cuales el progreso ha seguido una marcha, por decirlo así, acelerada, para terminar últimamente en las dimensiones colosales de los dos buques de turbinas el *Lusitania* y el *Mauritania*, que la Compañía Cunard, con el apoyo del Almirantazgo inglés, botó recientemente en Belfast, batiendo el primero el *record* de la velocidad en su segundo viaje de Liverpool á New York, cuya travesía efectuó en cuatro días, diez y nueve horas y cincuenta y dos minutos, en Octubre de 1907, empleando once horas y cuarenta y cinco minutos menos que el *Deutschland*, y cuyas características son las siguientes:

Eslora, 232 metros; manga, 27 ídem; calado á toda carga, 11,30 ídem; desplazamiento, 39.000 toneladas; tonelaje

de registro, 33.000 ídem; velocidad, 24 á 25 nudos; potencia en HP. indicados, 68.000.

Representa en un gráfico los mayores buques que hicieron la navegación trasatlántica á vapor desde el *Great Western* de 1.340 toneladas, que en 1838 demostró la posibilidad de establecer un servicio á través del Océano Atlántico, haciendo durante varios años el servicio de Bristol á Nueva York en catorce días, hasta el *Lusitania* y *Mauritania*, y consigna en cuadros las características de dichos vapores y la de los más grandes paquebots en servicio á fines de 1907, cuyo simple examen basta para convencerse de la rapidez de las transformaciones operadas en este medio de transporte, y permite entrever que si la arquitectura naval continúa desarrollándose en la misma progresión y á su vez las obras marítimas se desenvuelven paralelamente á este movimiento, dentro de quince á veinte años, es decir, hacia 1925, puede esperarse que las dimensiones de los grandes vapores llegarán á 300 ó 350 metros de longitud, 30 á 35 metros de anchura y 13 á 15 metros de calado.

Cita particularmente á este objeto, la opinión de M. Elmer C. Corthell, Ingeniero norteamericano, de una autoridad universal en esta materia, el cual publicó, con ocasión del X Congreso de Navegación celebrado en Milán en 1905, una Memoria de las más interesantes sobre esta cuestión, en la que recuerda un trabajo análogo hecho por él en 1900 y al cual nos referíamos en la Memoria de nuestro anteproyecto.

En cuadros basados sobre las dimensiones de los 20 mayores navíos de porte, en diferentes épocas, desde 1848 hasta 1903, y prolongados hipotéticamente hasta 1923 y 1948, había intentado resumir, por decirlo así, la historia pasada y futura de la arquitectura naval durante un siglo.

Sus predicciones para 1900, que parecían entonces algo audaces, han sido excedidas en 1903, y la dimensiones de los navíos que indicaba para 1923 se encuentran realizadas y aun pasadas hoy. Las conclusiones á que llegaba respecto de las dimensiones probables de los navíos en 1948, eran las siguientes:

Eslora, 1.000 pies, ó sean 305 metros; manga, 100 ídem, ó sean 30,5 ídem; calado, 33 ídem, ó sean 10 ídem tonelaje, 30.000 toneladas.

Estas dimensiones, consideradas ayer como exageradas, han sido llevadas á la práctica en la actualidad, puesto que el tonelaje, la manga y el calado, previstos para dentro de cuarenta años, se encuentran realizados con muy poca diferencia en el *Mauritania* y *Lusitania*.

Anota igualmente la opinión del S. William H. Wite, antiguo Director de las Construcciones Navales inglesas, que es sin contradicción uno de los hombres más competentes en esta materia.

En un discurso que pronunció en 1903, como Presidente de L'Institución of Civil Engineers de Londres, señalaba en efecto ya, que una de las causas principales de la insuficiencia de los puertos, provenía de la falta absoluta de inteligencia y de colaboración entre los constructores de navíos y los constructores de puertos. El crecimiento de las dimensiones y de la potencia de las unidades navales que él entreveía entonces, le daba la certidumbre de que en muy breve plazo las instalaciones marítimas serían insuficientes. Su toque de alarma tuvo por efecto sumir en la desesperación las Administraciones de los puertos, que cada día se encontraban más abrumadas por el rápido desarrollo de los navíos

Agregaba, además, que en razón al aumento pedido á la



velocidad, era más urgente aumentar el calado de los buques, que buscar nuevos progresos bajo el punto de vista de la eslora y la manga.

Sin entrar en detalles, merece consignarse que, en su entender, un gran puerto de primer orden, debe en el momento presente estar dispuesto para recibir embarcaciones hasta de 305 metros de eslora, 30,5 de manga y 10,70 metros de calado; siendo muy curioso notar que estas son precisamente las condiciones á que llegaba M. Corthell, ha ocho años, pero para 1948; los progresos han sido, por lo tanto, más rápidos de lo que pudo pensarse en aquella época.

Si, por otra parte, se investiga cuáles son las preocupaciones que dominan en los grandes centros marítimos, se encuentran en todas partes corrientes de ideas completamente análogas y proyectos de ampliación y mejoras correspondientes.

El canal de Suez, por ejemplo, inaugurado en 1869 y cuyo calado autorizado era de 7 metros en el origen, ha necesitado ser profundizado y ensanchado en varias ocasiones. Su calado autorizado, que hasta hace poco era de 8,20 metros, con una profundidad real de 9 metros, acaba de ser aumentado hasta 8,50 metros desde 1.º de Enero de 1908, con una profundidad de 9,50 metros; M. Alby, Ingeniero Jefe de Puertos y Calzadas, en una muy interesante Memoria sobre el puerto de Marsella, publicada en Burdeos en Octubre de 1907, hace justamente resaltar la importancia de las transformaciones futuras en el calado de los buques, consignando que en el momento actual se trabaja ya para dar en el canal de Suez una profundidad efectiva de 10,5 metros, que permitiría la circulación de embarcaciones con 9 metros de calado, cuyo programa parece que pretende llevarse á cabo en un plazo de cinco años.

Por otra parte—agregaba aquél—, esto no será sino una etapa, á la cual seguirá otra nueva y más considerable todavía, pues no es exagerado prever la eventualidad de un canal de Suez, que permita el paso á navíos de 12 metros de calado, en un porvenir no muy lejano.

Dudar de que los navíos utilicen una tal facultad, sería una peligrosa ilusión. Basta para convencerse de lo contrario, recordar la actividad con que el mundo marítimo se ha apresurado á sacar siempre provecho del aumento progresivo de la profundidad del canal y la impaciencia con que espera siempre nuevas transformaciones.

Á la utilización de mayores unidades corresponde una gran economía en los precios de transporte; es, pues, natural que los interesados se apresuren á realizar esta economía desde el momento en que sea posible.

Merece citarse la futura dársena de Víctor Emmanuel, del puerto de Génova, que se construye actualmente con una profundidad de 12 metros. Á cualquier lado que se mire nos encontramos la misma tendencia. Nada podrá dar una idea más clara de su amplitud que los proyectos aprobados para el ensanche y mejora del canal de Kiel.

Ha poco más de diez años que el canal Kaiser Wilhelm fué puesto en explotación; su anchura en la solera era de 22 metros, su profundidad 9 metros y las esclusas de Brunsbüel y de Holtenu tenían 150 metros de longitud por 25 de anchura, y 10 metros y 9,60 metros, respectivamente, de profundidad.

Estas dimensiones van á ser ampliadas en la siguiente medida:

Las esclusas se calcularán teniendo en cuenta que habrán de pasar navíos de 300 metros de longitud, y medirán

45 metros de anchura y 330 metros de longitud; su calado será de 13,75 metros bajo el nivel de flotación media del canal, lo que corresponderá á un calado mínimo de 12 metros en tiempo de flotación mínima. La gran anchura proyectada para las esclusas podrá parecer exagerada, pero se ha admitido teniendo en cuenta que esta dimensión en los navíos es susceptible de aumentos, y sabido son los gastos considerables que ocasiona el ensanchamiento ulterior de las esclusas.

El nuevo perfil transversal del canal tendrá 44 metros de anchura en el fondo por 11 metros de calado bajo el nivel de flotación media; su anchura á este nivel, que es actualmente de 67 metros, será llevada á 101,75 metros y su sección mojada de 413 m.<sup>2</sup> á 825. Este nuevo perfil podrá, por otra parte, ser mejorado en lo sucesivo, si la necesidad se hace sentir, y su calado llevado á 13,50 metros ó 14, sin que ello conduzca á gastos excesivos.

El canal conservará en planta su trazado actual; este último será modificado, sin embargo, en dos puntos donde las curvas existentes de 1.200 metros de radio se han juzgado insuficientes y peligrosas para el tránsito de los grandes vapores modernos. El radio mínimo de las curvas será 1.800 metros.

El presupuesto aproximado de las obras se ha calculado en 221 millones de marcos, siendo el plazo para la ejecución de aquéllas de seis á ocho años.

La realización de este programa hará del canal de Kiel la verdadera puerta de entrada al Báltico, puesto que los altosfondos del Sund no ofrecen más que 23 pies bajo cero de profundidad.

El nuevo proyecto de ensanchamiento del puerto d'Anvers lleva consigo la creación de un inmenso bassin-canal, cuyas esclusas tendrán, por lo menos, 300 metros de longitud, 33 de anchura y 11 metros de profundidad.

En cuanto á Seebruges, el puerto en aguas profundas de Bélgica, inaugurado recientemente, posee muelles atracables con 10,50 metros de agua bajo bajamar.

La misma preocupación atrae igualmente hoy la atención de las personas encargadas de la administración del puerto de Rotterdam. Se comprende la necesidad urgente de un nuevo esfuerzo para llevar á 10 metros la profundidad de su canal de acceso en marea media, de suerte que dicho puerto no se encuentre bajo el punto de vista de su entrada en situación inferior á sus rivales Pamburgo, Anvers, Bremerharen y Amsterdán. Hoek von Holland, el antepuerto de Rotterdam, está ya unido al mar por fondos que en marea media no son inferiores en ningún punto á 10,2 metros, constituyendo un excelente puerto de velocidad en agua profunda á la desembocadura de la Meuse.

Análogamente Imuyden, el puerto exterior de Amsterdán, tiene una profundidad de 10,50 metros á media marea, y puede decirse que cuando los trabajos de mejora del canal del Norte se hallen terminados, el puerto de Amsterdán se hallará en posesión de una excelente vía de acceso con 9 metros de calado.

Si consideramos ahora lo que en el mismo orden de cosas sucede en Inglaterra, es imposible no quedar asombrados de la gran importancia que aquellas gentes dan á esta cuestión.

El discurso pronunciado el 5 de Noviembre de 1907 por Sir William Matthews, Presidente de L'Institution of Civil Engineers, no ha hecho más que acentuar la viva preocupación de que se hallan poseídos actualmente en el Reino Uni-



do, para hacer muy rápidamente todo lo necesario á fin de no crear trabas al desarrollo normal de los grandes navíos y conservar la situación preponderante de sus puertos. Es así que ha sido creado el nuevo puerto de Douwres con su gran rada artificial en una profundidad de 12 metros bajo cero.

El dragado á 35 pies bajo cero, es decir á 10,7 metros del canal de acceso al puerto de Southampton y la conclusión próxima de este trabajo á 40 pies, es decir á 12,20 metros, la construcción de una nueva dársena en agua profunda y especialmente la inauguración en 1905 de una grada de 260 metros de longitud, demuestran bien los esfuerzos considerables que se hacen en aquel puerto para atraer y conservar los grandes paquebots trasatlánticos ingleses y alemanes.

Estas mejoras han inducido á la White Star Line á escoger, desde el mes de Junio de 1907, el puerto de Southampton como cabeza de línea de sus servicios rápidos á Nueva-York.

En fin, si nos referimos á una reciente Memoria de M. Anthony George Lyster, vemos que desde 1899 se han dragado más de 40 millones de metros cúbicos para profundizar el canal exterior del puerto de Liverpool.

Los fondos obtenidos, son hoy día de 28 pies de mar viva equinoccial, lo que representa 42 pies ó 12,70 metros bajo el nivel medio del mar.

La Administración del puerto acaba de hacer construir una potente draga de succión de una capacidad de 10.000 toneladas, susceptible de dragar hasta 40 pies bajo bajamar de aguas vivas.

M. Lyster termina su comunicación declarando que: «teniendo en cuenta el crecimiento continuo en las dimensiones de los navíos», había solicitado y obtenido la aproba-

ción del parlamento para un gran programa de conjunto, comprendiendo principalmente la creación de nuevos docks y la mejora del canal de entrada; todo esto dice aquél, en previsión de buques de 1.000 pies de eslora y 40 pies de calado. Lo cual confirma las predicciones formuladas anteriormente.

La creación en la embocadura del Támesis de un canal de 30 pies de profundo por 1.000 pies de ancho, desde Gravesend hasta Royal Albertdock y su prolongación hasta Surrey Commercial Dock, es otra confirmación de cuanto dejamos expuesto.

Y para terminar la sucinta reseña de las mejoras introducidas en los principales puertos de Inglaterra, consignaremos que existen ya siete grandes diques de carena, cuya longitud pasa de 250 metros, alcanzando á 280 metros el de Liverpool, proyectándose en Newport, sobre el canal de Bristol, un nuevo dique seco, cuyas dimensiones serán: longitud, 305 metros; anchura, 42 metros en la altura de la boca; y altura de agua en bajamar, 13,40 metros.

El examen de lo que ocurre en América y particularmente en los Estados Unidos, no es menos terminante.

Las Autoridades encargadas del puerto de Nueva York decidieron en 1897 profundizar una de las vías de acceso, conocida con el nombre de Canal del Este, llamado también «L'Ambrose Channel», á un calado de 42 pies en bajamar (12,20 metros), en una anchura de 2.000 pies (610 metros). Tan enorme trabajo, que se extiende en una longitud de 7 millas, requiere la extracción de 42.500.000 metros cúbicos.

ALEJANDRO OLANO,

Ingeniero de Caminos, Director del Sindicato Asturiano del puerto del Musel.

(Continuará.)

## Revista de las principales publicaciones técnicas.

### La acción de las paredes de los cilindros de vapor.

La vaporización del agua en las calderas y su condensación, después de la expansión del vapor en los cilindros de las máquinas de vapor, no son los únicos cambios de estado que se producen durante la marcha normal de estas máquinas; se efectúa, además, en los cilindros, alternativas de condensación del vapor y de vaporización del agua que de aquélla procede, alternativas que resultan de los cambios de calor entre el vapor y las paredes en contacto de las cuales se encuentra.

Durante largo tiempo se han venido utilizando las máquinas de vapor sin conocer claramente estos fenómenos y se ha razonado hasta muy cerca del año 1840 como si el vapor actuase en cilindros cuyas paredes no tuviesen ni capacidad, ni conductibilidad caloríficas. Resultaba de aquí que los consumos de vapor calculados según esta teoría rudimentaria eran mucho menores que los realmente existentes, y muchos Ingenieros, entre ellos Pambow, Frimot, etc., fijaron su atención sobre estas discordancias tratándolas de darlas debida aplicación.

M. Mallet, Ingeniero de Artes y Manufacturas, hace notar, en el muy interesante estudio histórico que acaba de publicar sobre la «Evolución práctica de la máquina de vapor», que la primera explicación precisa del fenómeno fué dada por Thomas, Profesor de la Escuela Central de Artes y Manufacturas, en

1837, en su curso de máquinas de vapor, y en 1841, en un artículo del *Journal des Usines*, firmado por Thomas y Laewens, donde se encuentran las explicaciones siguientes:

«Cuando se empieza á poner en marcha una máquina con condensación sin envolvente, el cilindro que está frío condensa, sobre sus paredes interiores que se recubren inmediatamente de gotitas de agua, una parte del vapor que se introduce; esta condensación continúa hasta que las paredes han adquirido la temperatura de vapor con el cual están en contacto. Después del cambio de dirección del émbolo, el interior del cilindro se pone en comunicación con el vacío, las gotas de agua que recubren las paredes se hallan sometidas á una presión muy débil, la del condensador (un décimo de atmósfera próximamente), y tienden á evaporarse produciendo vapor hasta que su temperatura, y por consecuencia la de las paredes del cilindro donde se hallan, desciende á la que corresponde á la tensión en el condensador, es decir á 35 ó 38 grados. Se ve que este efecto de vaporización es instantáneo, de tal suerte que inmediatamente el interior del cilindro se enfría casi como antes de la puesta en marcha, y al segundo golpe del émbolo, el vapor que empuja á éste, hallándose de nuevo en contacto con partes frías, se condensa en una cierta cantidad recalentándolas, y de aquí la formación de nuevas gotas, que á causa de la revaporización, por consecuencia de la comunicación con el vacío, después del cambio de dirección del émbolo, toman, así como las paredes del cilindro, la temperatura del condensador. Al tercer golpe del émbolo, el vapor que afluye



encuentra las paredes frías, sobre las cuales se condensa en parte, y el mismo fenómeno se verifica á cada golpe del émbolo; esta condensación del vapor se produce, pues, dos veces por vuelta del volante, durante la marcha de la máquina, porque ninguna otra causa existe que la pueda evitar, y por pequeña que sea en cada golpe, debe llevar consigo necesariamente un consumo notable de combustible.

Es imposible impedirla rodeando el cilindro en un cuerpo no conductor, pues no produciendo calor por sí mismo, no puede elevar la temperatura del cilindro, á fin de evitar la condensación de una parte del vapor que á éste llega; es necesario rodear el cilindro con vapor á una temperatura por lo menos igual á la del vapor que en él entra.

Es posible comprobar por la experiencia la teoría que precede: si se observa con atención el funcionamiento de una de estas máquinas teniendo el cilindro de vidrio como las de los gabinetes de física, se ve distintamente que se depositan gotas de agua sobre las paredes interiores del cilindro durante la acción del vapor sobre el émbolo, y que éstas desaparecen súbitamente desde el instante que el cilindro se comunica con el condensador.»

M. Mallet hace notar que esta teoría fué igualmente expuesta por Combes en una nota que dirigió á la Academia de Ciencias (3 de Abril de 1843), citando las experiencias de Thomas, pero sin hacer, sin embargo, alusión al artículo del *Journal des Usines*. Esto ha dado por resultado que, posteriormente, este artículo, así como las lecciones explicadas en la Escuela Central y publicadas en 1851, hayan pasado inadvertidas.

Cuando, en 1855, el sabio Hirn estudió, en sus comunicaciones á la Sociedad Industrial de Mulhouse, las camisas de vapor y el recalentamiento, y precisó la acción de las paredes y estableció la teoría clásica de la máquina de vapor, quedaron naturalmente en el olvido los estudios menos completos, sin duda, pero muy anteriores, de Thomas.

En 1883, Hirn tuvo, sin embargo, ocasión de rendir homenaje á sus antecesores, pues habiendo tenido noticia del artículo del *Journal des Usines* de 1841 que le comunicó Laurens, uno de sus autores, se expresó así en una carta inserta en el *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse* (sesión del 22 de Mayo de 1883): «No puedo menos de expresar el vivo sentimiento que poseo de no haber tenido en mis manos el pequeño trabajo de M. Laurens; no solamente hubiera hecho justicia al que supo plantar un primer jalón delante de mí, sino que hubiera procedido más rápidamente en las penosas experiencias á que he tenido que entregarme.....»

Es en efecto lamentable que las indicaciones tan claras de Thomas hayan quedado casi desconocidas durante tanto tiempo, y que los mismos Thomas y Laewens, no hayan podido profundizar en la cuestión; sin embargo, tienen, con Farcot, el mérito de haber extendido el uso de las camisas de vapor, aun en las máquinas sin condensación, para las cuales se las tenía por inútiles. Debe, pues, rendirse justicia al sabio profesor de la Escuela Central, y hoy, gracias á M. Mallet, no hay duda sobre este punto.

La máquina de cilindro de vidrio que sirvió para sus observaciones existe todavía en las colecciones de la Escuela y tiene un verdadero interés histórico.

### La calefacción doméstica por la electricidad.

En las redes cuya clientela es principalmente burguesa, la mejora del factor de carga no puede obtenerse si no es favoreciendo el empleo de la corriente para la calefacción y para los pequeños aparatos de uso doméstico. Hay, pues, que disminuir la tarifa para la corriente utilizada durante el día, y existen para esto contadores de doble tarifa, pero se emplean poco.

M. Rainville examina en la *Industria Electrique* del 25 de Febrero algunos otros sistemas de tarificación, propuestos por M. Cooper, electricista inglés.

Uno de ellos consiste en distinguir, sobre la curva diaria media del gasto de la fábrica, la parte que corresponde al alumbrado y hacer pagar al conjunto de los clientes una sobretasa para esa parte. Resultan de aquí tarifas un poco arbitrarias, que es necesario modificar frecuentemente, dado que la carga en la red está constantemente sujeta á variaciones.

Por lo que concierne á la calefacción y á la cocina eléctrica, el autor señala como inconveniente el precio elevado de los utensilios de cocina, y da algunas cifras comparativas del gasto con la electricidad y con el gas, de las que resulta ser éste mucho más ventajoso.

Por otra parte, la tensión usual de 110 voltios es un poco elevada para los utensilios que se usan mucho y se conservan con poco esmero, y otro electricista inglés, M. Robertos, ha propuesto bajarla á 50 voltios para el alumbrado, y á 10 ó 20 para las cocinas.

La constitución de los elementos de las resistencias que se utilizan para la calefacción de los recipientes culinarios requiere también algunos perfeccionamientos.

### Las turbinas americanas de gran velocidad.

Los constructores americanos emplean para definir sus tipos de turbinas tres coeficientes:

1.º El coeficiente de capacidad  $K_q$ , que es el gasto, en pies cúbicos por segundo, de una turbina semejante cuyo diámetro sea igual á un pie y con una altura de caída de un pie.

2.º El coeficiente de velocidad  $K_v$ , que es la velocidad tangencial de la turbina, con un salto de agua de un pie.

3.º El coeficiente característico del tipo de turbina  $K_t$ , que es análogo al que los alemanes llaman la velocidad específica, y puede definirse por el número de vueltas por minuto de una turbina semejante á la turbina en cuestión, dimensionada de tal suerte que desarrolle una fuerza de un caballo, cuando la caída es de un pie.

En el *Engineering News* del 28 de Enero, M. S. S. Zowski recuerda las condiciones generales de establecimiento de las turbinas americanas, los valores de los ángulos de incidencia del agua á la entrada de los álabes móviles, y la inclinación de las paletas; determinando á continuación el valor de los coeficientes arriba mencionados, en función de las dimensiones de la turbina y de la altura del salto.

Termina dando el valor de estos coeficientes característicos para los principales modelos de turbinas de gran velocidad de los constructores americanos más conocidos.

### Empleo del agua de los lagos suizos para la alimentación de las grandes ciudades.

El *Monitore Tecnico* del 20 de Enero publica un pequeño artículo, cuyo autor expone y critica las ideas desarrolladas en el Congreso de Arquitectos é Ingenieros municipales de 1907-08 por el Profesor Forel.

Los lagos ofrecen una reserva de agua considerable, más abundante en verano que en invierno, á la inversa de los manantiales, por razón de la fusión más abundante de las heleras que los alimentan. De las observaciones del Profesor Forel resulta que el agua, tomada á una cierta profundidad, tiene una temperatura casi constante, cualquiera que sea la estación. Á 30 metros es próximamente de 12 grados, á 40 metros, de 8 grados y más allá se llega á tener una temperatura constante de 4 á 5 grados.

Desde el punto de vista químico, el agua es fresca, pero contiene siempre una cantidad suficiente de gas en disolución. Un reproche que se la puede dirigir es la cantidad de materias orgánicas, pero esto no alcanza nunca un valor alarmante.

Á medida que se desciende, la cantidad de gérmenes disminuye hasta el punto que tomando el agua á la profundidad de 30 á 40 metros, es prácticamente de una pureza perfecta.



La principal objeción presentada por el autor del artículo es la imposibilidad de defender los lagos de la contaminación accidental que puede producirse por la proximidad de las ciudades.

El Profesor Forel ha estudiado principalmente el lago de Ginebra, y recuerda que se formuló un proyecto en 1900 para conducir á París el agua de este lago.

### La adherencia de los cementos empleados en dos épocas diferentes.

Cuando se deposita sobre un cemento fraguado y endurecido cemento recientemente amasado, el enlace entre las dos capas se hace generalmente de un modo muy imperfecto. En una Memoria que figura en los *Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, de Enero, M. E. P. Coodrich estudia las causas de este defecto de adherencia y los medios que hay para remediarla.

Recuerda al principio las diversas opiniones emitidas sobre el asunto, manifestando que la mayoría de los autores atribuyen este defecto de la falta de adherencia, ya á las impurezas depositadas sobre el cemento, ya al endurecimiento más grande de las capas superficiales, después de lo cual pasa revista á los diversos procedimientos imaginados para remediar este inconveniente.

Describe después los ensayos que ha emprendido para determinar:

- 1.º La resistencia de cinco tipos diferentes de juntas, entre superficies lisas y rugosas, y después de tiempos de fraguado variables.
- 2.º La influencia de cambios de temperatura muy grandes, sobre empalmes hechos después de limpiar con ácido la superficie del cemento fraguado.
- 3.º La posibilidad de constituir vigas espesas, superponiendo muchas capas de cemento de edades diferentes.
- 4.º La época en la cual debe efectuarse el enlace entre las superficies; y
- 5.º El valor práctico del tratamiento por los ácidos de la superficie endurecida de los bloques de cemento.

### La nigríta, barniz para el cemento.

La composición química y la constitución física de los morteros de cemento impiden que las fábricas hechas con éste puedan recibir capas de pintura con agua ó con aceite; á eso se debe también la destrucción del cemento por las aguas seleníticas y por el agua del mar, y, algunas veces, la permeabilidad de las fábricas.

El *Cemento*, de Diciembre, da á conocer un barniz negro de una composición análoga á la del asfalto, denominado nigríta, y fabricado por MM. Roseuzweig und Daumann, de Kassel, cuyo empleo evitará estos inconvenientes.

### Las juntas asimétricas en las vías férreas.

En una junta simétrica al aire, el carril segundo en el sentido de la marcha sufre al paso de los trenes una fatiga mucho mayor que el primer carril. Al cabo de poco tiempo, los extremos de los dos carriles adquieren una deformación permanente y el segundo carril se encuentra más bajo que el primero, produciéndose un salto en las ruedas de los vehículos que, á la velocidad media de los trenes, hace que el punto de contacto medio de estas ruedas con el carril segundo se coloque á 4 centímetros de la extremidad de este carril.

M. Bouchard, Ingeniero de la vía en el Camino de hierro del Norte francés, da en la *Revue générale des Chemins de fer* el resultado de las investigaciones que ha emprendido para mejorar estas condiciones defectuosas del trabajo en las juntas, conservando íntegramente los mismos materiales que las cons-

tituyen, á fin de que resulten económicas las modificaciones requeridas.

La idea que se ofrece desde luego más naturalmente es la de aumentar la longitud del vano al aire para el primer carril, con la reducción correspondiente en el segundo. Llamando  $a$  y  $b$  estas longitudes, la relación de asimetría se expresará por  $\frac{b}{a}$

que se determinara por el método experimental.

El aparato registrador empleado para obtener, amplificándolos, los movimientos de los extremos de los carriles, está formado por un tambor movido con un aparato de relojería con regulador de velocidad. Sobre este tambor, las oscilaciones de las extremidades de los carriles se reproducen en una escala décupla, con ayuda de palancas, cuyo punto de apoyo lo toman sobre un fuerte piquete de hierro introducido en la plataforma.

El autor indica á continuación las precauciones que se deben tomar en el curso de los experimentos para que sean comparables los resultados, y da cuadros y gráficos de las observaciones hechas, deduciendo que, según las que ha llevado á cabo, que han sido más de 8.000, la relación  $\frac{b}{a} = \frac{1}{8}$  es la que parece conviene mejor á la red del Norte.

### Las unidades eléctricas del sistema C. G. S.

El *Bulletin de la Société Internationale des Electriciens*, de Enero, reproduce una comunicación dirigida á esta Sociedad por M. Baylinski sobre algunas modificaciones que será ventajoso introducir en el sistema de unidades eléctricas C. G. S., actualmente en uso.

El autor demuestra: 1.º, que los dos sistemas de unidades C. G. S., eléctricos y electromagnéticos, no son más que modalidades del sistema métrico; 2.º, que los sistemas de unidades prácticas en uso, en electricidad y en magnetismo, son discordantes y que procede unificarlos, pero sólo después de haber adoptado la división decimal del tiempo; 3.º, que siendo la inducción y el campo magnético probablemente diferentes en dimensiones, procede adoptar para cada uno de ellos una unidad diferente; 4.º, que procede adoptar, en electricidad y en magnetismo, una cuarta magnitud fundamental, la cantidad de electricidad, por ejemplo; y 5.º, que la Comisión electrotécnica internacional es competente para dilucidar estas cuestiones.

Una larga discusión ha seguido á esta comunicación; monseñores Boucherat, Pellat, Javet, Devaux, Charbonell y Berthelot, han tomado parte en ella, y sus observaciones se han publicado en los *Boletines* de Enero y Febrero.

### Perturbaciones producidas en las líneas telefónicas por la proximidad de un camino de hierro eléctrico.

La puesta en servicio de la línea de tracción eléctrica entre Seebach y Wettingen, cerca de Zurich, línea alimentada por corriente alterna á 15.000 voltios, ha determinado perturbaciones importantes en las líneas telefónicas establecidas á lo largo de la vía.

Una primera causa de perturbaciones fué la frecuencia primitivamente adoptada (50 períodos), que desapareció cuando se redujo esta frecuencia á 15 períodos. Pero los motores con colectores de una de las locomotoras sucesivamente construidas para los ensayos, dieron lugar á otras perturbaciones, que fueron, sin embargo, contenidas por una modificación hecha en los inducidos de estos motores.

Además se hicieron cruzamientos de los hilos telefónicos sobre los postes, cruzamientos más ó menos multiplicados según que los hilos estaban más ó menos próximos á la vía, colocando en estos hilos bobinas de descarga. Los resultados fueron muy satisfactorios.