

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

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.

ALGUNOS PROBLEMAS COMERCIALES

RESUELTOS POR LA TRACCIÓN ELÉCTRICA DE LOS FERROCARRILES⁽¹⁾

En el mundo de la electricidad, y aun me atrevo á decir en el mundo entero de la ingeniería, no hay tema que más absorba la atención, que más cerebros inteligentes mantenga en actividad, que más entusiasmos despierte y que más amplio campo de estudios ofrezca, que el de la tracción eléctrica. Hasta nuestra patria llegan sólo lejanos, aunque sensibles rumores, del fuerte estruendo revolucionario; pero quien como el que esto escribe, por estímulos de su cargo, sigue atentamente el desarrollo inesperado y fecundísimo de esta rama del progreso y la actividad humanas, camina de sorpresa en sorpresa, y ve ante sus asombrados ojos horizontes inmensos. reducidos é insignificantes, sin embargo, al compararlos con lo que para un próximo porvenir adivina, si contempla la marcha acelerada con que invaden y cubren todo lo que demás intangible é inmutable se reputaba.

Nacido hace apenas veinte años á sus aplicaciones francamente industriales, el motor eléctrico absorbe y anula hoy por completo á todos los medios de propulsión conocidos y ensayados como de posibilidad comercial aceptable. Esta invasión del campo ajeno es, no obstante, de secundaria importancia junto á lo que por su fecundidad propia ha creado; junto á los campos nuevos abiertos á la explotación y al empleo de actividades y capitales; junto al progresivo desarrollo y comodidad que presta á la vida en las ciudades y suburbios, hasta tal punto que volver la vista atrás causa sorpresa y asombro. Los antiguos límites de las poblaciones, cuando los tranvías eran arrastrados por caballos y los ferrocarriles suburbanos marchaban á remolque de la locomotora de vapor, están definitivamente borrados. No se trata sólo de una mejora, sino más bien de una revolución, que no por su agradable carencia de brusquedad deja de ser radicalísima. Si es verdad que con ella se logran economías, este aspecto es secundario junto á muchas otras ventajas, que son las que han determinado su maravilloso desarrollo y propagación.

Numerosísimos é interesantes en alto grado son los problemas de carácter técnico que la tracción eléctrica abre al

(1) Memoria presentada á la Asociación para el progreso de las Ciencias.

estudio y reflexión; pero todos ellos, á medida que se presentan, son hábil y prontamente resueltos por el Ingeniero. Cualquiera de estos problemas técnicos me ofrecería agradable tema para disertar sobre él, si el espacio de que dispongo no fuera tan reducido y si las monografías y completos tratados especiales no suplieran con gran ventaja mi silencio. Por el contrario, y aunque constituya en mí osadía bien poco fundamentada, voy á ocuparme de otros aspectos del problema menos accesibles á la fácil investigación, pero tanto más interesantes cuanto que afectan no sólo á los técnicos puros, sino también á los que llamados por su cargo y situación á cuidar de la marcha comercial de las Empresas, necesitan para el desarrollo de sus iniciativas sopesar escrupulosamente factores y elementos bastante alejados de los que al hombre de ciencia conmueven.

Doy, pues, por sabido que ni la Mecánica ni la Física han dejado vacío alguno en los problemas de la tracción eléctrica, y sí, por el contrario, han realizado en ellas sus más brillantes y fecundos milagros. Con este punto de partida sólo consagraré atención en cuanto siga, excusándome anticipadamente de que la obligada brevedad me impida documentar las afirmaciones que tenga ocasión de hacer, á los aspectos comerciales que tal tema ofrece, aspectos que son de carácter primordial y decisivo para el gerente de una explotación ferrocarrilera.

I

Tráfico y condiciones locales.

Las características que hasta hace poco tiempo se estimaban como determinantes del fallo favorable para la tracción eléctrica, consistían en una densidad relativamente grande del tráfico unida á una frecuencia sensible de los trenes. Pocos eran los ferrocarriles que en tan estrecho campo tenían cabida; pero la evolución rápida de las ideas, basadas en los resultados de la experiencia, lo han ensanchado hasta tal punto, que muy pocas serán las líneas y Empresas importantes de cualquier país que puedan juzgarse exentas de prestar atención y estudio á la cuestión.

No ya sólo en líneas de carácter urbano ó suburbano que hacen posible la vida de las grandes poblaciones al servir de sistema circulatorio á la sístole y diástole de su palpitación diaria; pocas, muy pocas, son las grandes líneas de interés general sobre las cuales, al ojearlas rápidamente, no se dis-

tingan secciones ó trozos en los que pudiera servirse con gran ventaja un tráfico local mediante el empleo de trenes eléctricos rápidos y relativamente frecuentes, de preferencia á los pesados, lentos y espaciosos trenes que emplean el vapor como medio de propulsión. Estos trozos son los situados en la proximidad de los centros de población que, por su importancia política, industrial y comercial, ó por otras razones especiales, dan lugar á un tráfico activo, intenso y constante con los pueblos próximos. San Sebastián, Bilbao, Barcelona, Valencia y la poblada región asturiana, próxima á la costa, son de ello ejemplo en nuestro país. Ambas clases de trenes, eléctricos y de vapor, pueden marchar por las mismas vías sin molestarse ó perturbarse mutuamente, y la duplicidad de servicio, lejos de originar complicaciones, equivale á una racional aplicación del *sum cuique*; equivale á vestir á la medida servicios que medidas distintas requieren.

Mas aparte de esas secciones de intenso tráfico, que para éste constituyen en el servicio normal estrangulaciones que lo laminan y de las que forzosamente se ha de resentir, hay otras en las que motivos de índole particular militan á favor de la tracción eléctrica, como son las secciones que se desarrollan en regiones montañosas de fuertes pendientes, que obligan á la tracción doble ó al empleo de máquina en cola, ó bien en las que el considerable número de túneles hace á la vez molesta y peligrosa la tracción á vapor. De estos casos son característicos ejemplos en España las líneas de la vertiente marítima de la cordillera cantábrica, y muy especialmente la asturiana. No sólo es en ellos adecuada y económica la tracción eléctrica, sino que para igualdad en los gastos de explotación deciden á favor de aquélla las muchas ventajas accesorias que consigo lleva. No es raro tampoco encontrar en estas regiones facilidad para el aprovechamiento de saltos de agua que ayuden á la económica resolución del problema.

II

Potencia tractora y capacidad de locomotora.

Si dejamos á un lado el tráfico local ó de especiales condiciones, y nos fijamos en el general de trenes pesados, aun de mercancías, encontramos, igualmente, casos en los que obstáculos insuperables pueden cerrar el paso á la tracción por vapor y dejarlo franco á la eléctrica. Se caracteriza ó define la locomotora por el máximo esfuerzo de tracción de que es susceptible, ó lo que es lo mismo, por su peso y el número de ejes adherentes. Este esfuerzo tractor no es, sin embargo, en una máquina más que uno de los dos factores de la potencia ó capacidad, siéndolo el otro la velocidad máxima á la cual puede desarrollarse aquel esfuerzo. Pues bien; en la locomotora de vapor, este producto ó capacidad está forzosamente limitado por el generador de energía, por la caldera y caja de fuego, que imponen una velocidad crítica máxima si el esfuerzo adherente ha de ser plenamente utilizado. Así una locomotora de vapor de 90 toneladas, sobre los ejes motores, desarrolla un esfuerzo tractor de 20 toneladas á la velocidad de 16 kilómetros por hora, y sólo un esfuerzo de 6.600 kilogramos á 48 kilómetros por hora; el esfuerzo tractor es en el primer caso $1/4,5$ del peso de la locomotora, y en el segundo, de $1/13,7$, es decir, una pequeña fracción del esfuerzo para que está prevista y que su peso permite desarrollar. Como es dicho esfuerzo tractor lo único

que rige ó determina la cuantía de la carga remolcada, se deduce de lo que precede la imposibilidad de independizar la buena utilización del peso de una locomotora de vapor, de su velocidad de marcha, existiendo obligadamente para cada tipo de locomotora, según su caldera, una velocidad crítica que no puede ó debe exceder en pro del buen rendimiento.

No cabe tampoco, sino dentro de límites restringidos, apelar al aumento de potencia de las locomotoras por la variación de su tipo ó modelo, conservando el mismo peso adherente y acudiendo á obtener una mayor velocidad mediante la disminución del número de ejes motores y elevación del peso total. Los inconvenientes que este procedimiento ofrece son de consideración, y, aparte de otros, ejemplo de ellos encontramos en la costosa necesidad reconocida en nuestras líneas, y en vías de ser satisfecha, de obligarse á modificar, reforzándolo, todo un sistema, aún joven, de numerosos puentes metálicos, cuya vida hubiera podido prolongarse aún mucho tiempo por sólo sencillos y normales trabajos de conservación.

La locomotora eléctrica, por el contrario, no es su propia generadora de energía, sino una simple transformadora en cinética de la que recibe bajo forma eléctrica. Cada uno de sus ejes adherentes está equipado con su correspondiente motor eléctrico, la potencia del cual no tiene otros límites que los que le imponen la velocidad á que debe marchar (acción directa ó reducción por engranajes), el ancho de vía y el diámetro de las ruedas. Basta sólo prever el necesario número de ejes adherentes, sin enlace alguno mecánico, para que la locomotora eléctrica pueda desarrollar el mayor esfuerzo tractor deseado á cualquier velocidad que hagan admisible las consideraciones de seguridad y de conservación de la vía. Y conste que, puesto que tratamos de trenes pesados de mercancías, no aludimos siquiera al sistema de explotación por unidades múltiples, para el cual, dentro del tema presente, no hay limitación práctica alguna.

En lo antes dicho, si atentamente se examina, reside, á juicio de quien esto escribe, la ventaja de más importancia que la locomotora eléctrica puede alegar en el tráfico de mercancías al ponerse en parangón con la de vapor, ventaja que se resume en la posibilidad de aumentar la velocidad suficientemente para duplicar, y aun en algunos casos triplicar, la capacidad en toneladas transportadas, ó lo que es lo mismo, el rendimiento ó capacidad kilométrica de la vía.

La locomotora de vapor más potente actualmente en función, tipo Mallet Compound, articulada, de 12 ruedas (en realidad, dos locomotoras unidas), que presta servicio en el «Ferrocarril de Baltimore & Ohio», desarrolla su máximo esfuerzo tractor de 35.500 kilos aproximadamente, funcionando en Compound á la velocidad de unos 16 kilómetros por hora. La locomotora eléctrica de ocho ejes, de igual peso adherente, puede desarrollar igual esfuerzo de tracción á una velocidad tres veces mayor. La característica apuntada de ser aquélla simple transformadora y no creadora de energía, permite acumular, no en proyectos más ó menos hiperbólicos, sino en tipos ya contruidos y experimentados, una potencia de 2.400 HP. para un peso total de locomotora de 110 toneladas y un peso adherente de 80, cifras fantásticas é imposibles de alcanzar remotamente para la locomotora de vapor, y aún más si se tiene en cuenta la elasticidad de los motores eléctricos, susceptibles de sobrecargas instantáneas de 100 por 100, y durante algunos minutos de 50 por 100.

III

Rendimiento ó economía en el consumo de carbón.

El estudio de los gastos de explotación de los ferrocarriles con locomotoras de vapor demuestra que la importancia que en ellos tiene el gasto de combustible crece paralelamente y en relación directa con la distancia de la línea á los centros productores. Las líneas en las que es elevado el kilometraje de los trenes de mercancías, comparado con el total de la explotación, ponen de relieve también un mayor tanto por ciento de los gastos de explotación en el capítulo del combustible con respecto á aquellas en que el mencionado kilometraje de mercancías es reducido, comparado con el total. Las mismas cifras, confirmando lo anterior, acusan un consumo de carbón considerablemente mayor por caballo-hora para los trenes de mercancías que para los trenes rápidos de viajeros. Es, pues, totalmente equivocada la idea que como indiscutible se pregona de que la electricidad no tiene apenas probabilidades favorables de vencer al vapor sino en el tráfico de viajeros; la verdad es que si para este último las ventajas á favor de aquélla son numerosas y de índole variada, la economía figura con importante peso al estudiar su aplicación al servicio de mercancías, sólo por el mayor consumo de combustible que los trenes de mercancías requieren respecto á los de viajeros.

Basta examinar las curvas características de los motores normales de tracción para convencerse de la amplia escala de trabajo, dentro de la cual se mantiene un alto rendimiento. Per ejemplo, la locomotora de seis ejes del «New-York Central», con peso de 100 toneladas, conserva un rendimiento superior á 90 por 100 (los inducidos de los motores van directamente montados en los ejes) para una variación del esfuerzo tractor entre 2.500 y 10.000 kilos, es decir, prácticamente en toda su escala de trabajo normal. Concediendo el margen preciso para compensar todas las pérdidas y rendimientos intermediarios desde una central generatriz, alimentada por vapor, hasta el gancho tractor de una locomotora eléctrica, el caballo-hora, medido con dinamómetro, puede requerir un consumo de buen carbón, igual á 1,75 kilos en las condiciones más desfavorables de rampas fuertes, aceleración rápida y enlaces con otras líneas ó ramales. La cifra anterior incluye todas las pérdidas atribuibles al establecimiento ó esperas, puesto que la locomotora eléctrica no consume energía cuando no trabaja. Para la misma unidad de trabajo útil, las locomotoras Compound modernas no consumen menos de 2,25 kilos de carbón en las mejores condiciones, y hasta 4 y 5 kilos cuando intervienen rampas fuertes, sin que en las cifras anteriores se incluyan los consumos en pura pérdida, mientras que la locomotora permanece estacionada, sea por paradas normales, sea por esperas en empalmes ó cambios de máquina donde hay depósito. Es, sin embargo, sorprendente y de relativa importancia este último consumo; en las notas de quien esto escribe figura una locomotora de mercancías de poco más de 4 metros cuadrados de superficie de parrilla, que consumía 150 kilos de carbón por hora, mientras esperaba en una vía apartado el momento de entrar en servicio; nada tendría de exagerado suponer que incluyendo el encendido y puesta en presión, dicha locomotora gastaba mensualmente 15 á 20 toneladas de carbón sin equivalencia alguna de trabajo útil.

Tal vez parezcan exageradas las cifras comparativas antes apuntadas; pero para su exacta apreciación debe tenerse

muy en cuenta que una central generadora que alimente una línea férrea con 20 locomotoras en circulación, no requiere, ni mucho menos, disponer de una potencia igual á la suma de las 20 locomotoras, sino solamente de la correspondiente al consumo medio simultáneo de éstas, con elasticidad suficiente para las sobrecargas momentáneas de corta duración y aparte la unidad de reserva que siempre se acostumbra á prever. En un estudio llevado recientemente á cabo por el autor de esta Memoria, en línea de carácter accidentado, la potencia de la central generadora no requería ser superior al tercio de la suma de las potencias de los tractores en servicio.

Es indudable que tanto mejor queda resuelto por el servicio eléctrico el problema de la economía en la explotación, cuanto más subdividido es el tráfico. Si en vez de un tren que requiere una potencia de 1.000 HP., se ponen en circulación diez de 100 HP., los conductores, y en general el sistema distributivo de energía, en lugar de estar previsto para suministrar en cualquier punto de la línea la energía representada por la primera cifra, lo estará sólo para la segunda, diez veces menor, y la capacidad de la central se aproximará mucho á la ordenada media de la curva de trabajo en la integración del absorbido por la carga total sujeta concentrada.

De todas suertes, y como consecuencia de las razones apuntadas en este epígrafe, las estadísticas de explotación de ferrocarriles eléctricos muestran una reducción que varía entre un 20 y un 40 por 100 en el consumo de carbón por tonelada-kilómetro con respecto á los de vapor.

IV

Buena utilización del material.—Recorrido medio.

Constituye el buen aprovechamiento del material tractor otro de los problemas comerciales mejor resueltos con la tracción eléctrica, permitiendo elevar el recorrido medio anual y disminuir el número de locomotoras necesarias para realizar un determinado servicio.

Para una locomotora de vapor son numerosas é inevitables las causas de forzada inmovilización que la sustraen á su única misión útil de remolcar trenes. Las paradas á que obliga el tomar agua y carbón; las frecuentes visitas al cocherón para encender ó retirar el fuego, limpiar los tubos y otros servicios análogos; las reparaciones numerosas de la caja de fuego y los tubos de la caldera y los cuidadosos y detenidos repasos que su mecanismo requiere, contribuyen á reducir prácticamente la utilización de una locomotora á límites muy bajos. Para un recorrido mensual de unos 5.000 kilómetros, he podido comprobar en una importante línea que la locomotora sólo permanecía remolcando los trenes durante un 28 por 100 del tiempo total, correspondiendo un 50 por 100 á las esperas con presión en los términos de línea ó depósitos.

La locomotora eléctrica está siempre disponible sin que requiera gastar los tiempos muertos antes enumerados. Es también mucho menor el que supone su permanencia en visita ó reparación, limitándose al necesario para renovar ó reparar algunos órganos sujetos á desgaste ó á avería. Si se comparan entre sí los recorridos anuales de las locomotoras eléctricas y de vapor, se verá que los correspondientes á las primeras exceden próximamente en un 50 por 100 á los efectuados por las segundas.

V

Gastos de conservación

No hay en la locomotora eléctrica caldera, caja de fuego, cilindros ni órganos sujetos á movimiento alternativo; no hay bielas motoras ni de acoplamiento, y las únicas partes sujetas á desgaste ó renovación son las ruedas, escobillas, cojinetes, engranajes (cuando los hay) y algunos otros pequeños y poco importantes detalles del equipo eléctrico (fusibles, lámparas, contactos del regulador, etc.). La renovación de estos órganos es fácil y económica, y si su selección ha sido objeto de atento estudio, pueden alcanzar dilatada vida; por ejemplo: 250 á 300.000 kilómetros como promedio para los cojinetes y engranajes, que son de aquéllos los órganos más importantes entre los peculiares de la locomotora eléctrica.

Los datos estadísticos asignan á una locomotora eléctrica de cien toneladas, sujeta á condiciones medias de servicio, un gasto de conservación que no excede de unos seis céntimos y medio de franco por locomotora-kilómetro, y llega á ser tan sólo de cuatro céntimos para una locomotora de 50 toneladas.

Las cifras anteriores son la tercera parte de las correspondientes á locomotoras de vapor equivalentes, y aunque no se pueda afirmar de un modo absoluto y garantizado, los especialistas están de acuerdo en que la relación entre dichas cifras no excede de 0,4. La capitalización de las economías así realizadas puede por sí sola cubrir ampliamente el coste inicial de una locomotora eléctrica.

VI

Gastos totales de explotación.

Como consecuencia de lo que precede, una ventaja comercial de sensible importancia á favor de la locomotora eléctrica reside en la economía que introduce en los gastos de explotación.

Una información detenida llevada á cabo por M. de Muralt sobre los ferrocarriles americanos de Pensilvania y central de Nueva York, mostró que las economías á realizar con la sustitución de la electricidad al vapor, por los conceptos de reducción en el gasto de combustible, grasas, algodones, etc.; supresión del agua de alimentación, sueldos de personal y reparación de locomotoras, capitalizadas al 5 por 100, representaban una suma doble, por lo menos, de la necesaria para los gastos de electrificación.

M. Armstrong, después de realizar muy completos estudios de ferrocarriles en condiciones muy variadas, de perfil, de peso y de velocidad de trenes, de modo á poder llegar á la generalización de conclusiones, obtiene una economía en los gastos totales de explotación, á favor de la tracción eléctrica, igual respectivamente á 25, 30 y 38 por 100, según sean los trenes de 1.000, de 500 ó de 250 toneladas.

El estudio de la remuneración que la electricidad puede proporcionar al capital suplementario que su adopción requiere, es bastante complejo y sujeto á grandes diferencias, según el tipo y velocidad de trenes que se adopte y el número de trenes diarios que en cada sentido circulen. Si nos ocupamos primero del capital necesario para la electrificación, dentro de un mismo tipo de tren, la velocidad influye relativamente poco, y tanto menos cuanto más ligero es el

tren. Aún eleva menos el coste relativo de la electrificación el número de trenes diarios que circulan, y tanto menos cuanto más ligero sea el tipo. Así, dentro del tipo de trenes de 250 toneladas, el coste de la electrificación (comprendido todo, es decir, central, subestaciones, línea de trabajo, conexiones de la vía, etc.), está representado por las cifras siguientes: 1 para un servicio de 10 trenes diarios en cada sentido á la velocidad de 16 kilómetros por hora; 1,35 para el mismo servicio á 80 kilómetros por hora; 1,14 para la primera de dichas velocidades y 20 trenes diarios en cada sentido, y 1,57 para este mismo número de trenes á 80 kilómetros.

El dividendo ó interés que la electrificación proporciona al capital en ella invertido es, como hemos dicho, muy variable con las hipótesis mencionadas de peso, velocidad y número diario de trenes. Dentro de la constancia de este último factor, el interés es tanto mayor cuanto los trenes sean menos pesados, y para un mismo peso, rápidamente mayor cuanto menor sea su velocidad, á partir de cierto límite. El número diario de trenes en cada sentido es el que mayor influencia ejerce dentro de un mismo tipo de tren y de una misma frecuencia.

Dentro del juego de estos tres factores, el interés puede variar desde cero ó un valor insignificante para el caso de trenes muy pesados, escasos en número y á gran velocidad hasta más del 30 por 100 en el supuesto de 20 trenes diarios en cada sentido, con peso de 250 toneladas y á una velocidad pequeña de unos 20 kilómetros por hora. Los cálculos anteriores son siempre complicados y se hace necesario comenzarlos para cada precio de carbón, que es el elemento variable, cuyo coste influye en la explotación lo bastante para no poderlo dar como una constante. El autor tiene en preparación interesantes gráficos que acusan claramente la influencia de los diversos y variados factores que intervienen en el problema.

VII

Incremento ó desarrollo del tráfico.

De importancia capital es la resolución de este importante problema comercial, que basta por sí solo para hacer ó no viable una explotación. Todas las cifras que anteceden hacen omisión completa de la principal característica de la tracción eléctrica que, como se dice al principio de la presente Memoria, es el notable aumento de tráfico que á ella siempre sigue, pues tanto en viajeros como en mercancías, los aumentos de los beneficios son en mucha mayor proporción, debidos á la elevación de los ingresos más que á la reducción de los gastos. Tan axiomático se considera este principio en Norte América, que muchos casos existen de ferrocarriles electrificados sin más estudio ni preparación en que basar tan importante medida. Ferrocarriles eléctricos hay en ese progresivo y admirable país que, marchando paralelamente y en competencia con otros á vapor, poseen un tráfico propio, casi creados por ellos, que antes no existía; ferrocarriles cuya vida sería imposible y sólo se alimentaran del tráfico «capturado», por así decirlo, á las antiguas líneas con que compiten.

No quiere esto decir que la competencia no cause perjuicios de entidad á las líneas explotadas con vapor. Las cifras presentadas por el ilustre Ingeniero J. G. White en el Congreso de San Luis, fueron bien significativas á este propó-

sito; la línea de Cleveland (Ohio) á Oberlín, de unos 55 kilómetros de longitud, transportó con su servicio á vapor unos 200.000 viajeros en 1895. En 1902, ya establecido un servicio eléctrico entre los mismos puntos, dicho ferrocarril no transportó más que unos 90.000 viajeros, es decir, menos de la mitad, mientras la línea eléctrica alcanzó cerca de 3 millones de pasajeros. La misma proporción puso de relieve M. White para los ferrocarriles de Cleveland á Painesville y de Cleveland á Lorain.

Es siempre en el movimiento de viajeros para trayectos relativamente cortos donde de un modo más acentuado se refleja el influjo de la tracción eléctrica en los ferrocarriles. Tal hecho es consecuencia lógica de las razones que rigen el aumento de tráfico, y que, según las ideas del notable Ingeniero M. Davis, pueden resumirse del modo siguiente, partiendo del postulado de que, como leyes fundamentales, el público viaja siempre ó por necesidad, ó por gusto ó capricho, y que el estímulo á viajar más ó menos á menudo depende de las causas siguientes:

1.ª *Coste total del billete de ida y vuelta.*—Á medida que este coste se reduce, ambas leyes ó razones fundamentales determinan un aumento de número de viajeros, aumento que es, lógicamente, menos que proporcional á la reducción del precio del viaje. Nótese que lo que al público interesa es el coste total y no el del viajero kilómetro.

2.ª *El tiempo total necesario para hacer el viaje redondo ó de ida y vuelta.*—También por las dos causas fundamentales aumenta el tráfico á medida que el tiempo requerido por el viaje es menor, y ese aumento es igualmente menos que proporcional á la reducción del tiempo. El viajero, por regla general, se preocupa del tiempo en su valor absoluto, pero casi nada de la velocidad; le es indiferente, bajo este aspecto, marchar á 100 que á 20 kilómetros por hora. Las paradas excesivas en estaciones le mortifican siempre.

3.ª *Comodidades ó ventajas ofrecidas al viajero, las cuales pueden subdividirse en las siguientes:*

a) Proximidad de los puntos de salida y llegada á los lugares, que por céntricos ó por otra causa de ellos deben ir los viajeros á tomar el tren ó á ellos les interesa llegar. Cuanto más se aproxime á lo que pudiéramos llamar *servicio á domicilio*, tanto más aumenta el tráfico, siguiendo una ley poco conocida en función de la distancia que falte para llegar á ese *desiderátum*. Una regla ó ley aproximada dada por Wéllington hace tiempo y con referencia á los ferrocarriles de vapor, se expresa diciendo que los ingresos brutos de una línea disminuyen por cada milla que la estación se aleja del centro de la población, desde un mínimo de 10 por 100 hasta un máximo ordinario de 25 por 100, aunque en circunstancias especiales dicho tanto por ciento pueda ser elevado y aun llegar al 100 por 100.

Claro es que esto no tiene aplicación á los tranvías, cuyo éxito estriba precisamente en su servicio rápido y frecuente, que tome á los viajeros á la puerta de su casa, en el café, en los centros de contratación y, en general, donde quiera que el deseo de una mayoría lo evoque. Hablar de una milla como distancia á recorrer á pie para tomar un tranvía sería ridículo. Cree quien esto escribe que la distancia que un viajero se decide á recorrer á pie para servirse de una línea de tranvías puede estimarse, según el clima, tarifas y otras circunstancias, que varía entre 5 y 25 por 100 del recorrido total á efectuar.

b) *Frecuencia del servicio.*—El tráfico de viajeros crece

siempre cuando disminuye la pulsación ó estacionamiento en cabeza de línea, aunque el crecimiento del primero es menos que proporcional á la reducción del segundo. En realidad, el efecto de la mayor frecuencia puede referirse al empleo de menos tiempo *total*, de que antes hemos hablado.

c) *Aspecto y comodidades de las estaciones, bondad del material, etc., y en general cuanto se refiere á condiciones externas ó aparentes.*—La línea que ofrezca al mismo precio y con igual tiempo de viaje un mayor *confort*, ó aun lujo, al viajero, es evidente que no sólo llevará ventaja en la competencia, sino que creará por sí misma un tráfico propio que antes no existía. El empleo en la línea de Barcelona á Mataró de cómodos trenes-tranvías con intercomunicación completa, disponiendo de un *wagon-bar* para almuerzos y refrigerios, ha sido un aliciente de tal resultado, que inmediatamente se vió subir en medida muy sensible el movimiento de viajeros.

CONCLUSIONES

Como resumen de cuanto anteriormente queda dicho, el autor cree poder establecer las siguientes conclusiones:

1.ª La tracción eléctrica aplicada á los ferrocarriles mejora, comercialmente, las condiciones de la explotación tan pronto como la intensidad del tráfico alcanza determinado valor, más reducido de lo que como creencia general se estima ser necesario. Un cambio tan radical como el que supone la implantación del sistema, es causa de la timidez con que al principio se acomete, como con todos los progresos humanos ha ocurrido en la esfera industrial. En plazo breve el estudio atento y la suficiente experiencia permitirá aunar la prudencia con la acometividad en esta clase de empresas, abriendo vías fecundísimas al progreso.

2.ª Las mejoras que en la explotación se introducen afectan de un modo inmediato y en mayor escala al servicio de viajeros que al de mercancías. Dependen, en parte, de las economías que el sistema introduce y, en mayor escala aún, del incremento por él determinado en el tráfico. El resultado que en escala modesta y para el pequeño radio urbano hemos visto tan de relieve en los servicios de tranvías, es aplicable al de ferrocarriles, pues siempre iguales causas producen iguales efectos.

3.ª En nuestro país existen líneas para las que de un modo indubitable, con la absoluta convicción que da la certeza, cabe preconizar el cambio en el sistema de tracción. Á ello pueden únicamente oponerse razones que pudieran llamarse de tesorería, ya por la falta de las necesarias reservas de capital, ya por la dificultad de contratar empréstitos, pues el interés del dinero invertido será sobradamente remunerado, siempre que por la Hacienda pública ó el fisco no se busque en el naciente florecimiento de esta esfera del progreso una nueva materia contribuable, poniendo trabas á su desarrollo é impidiendo la explosión de sus energías, como en tantos otros casos ha ocurrido.

Como ejemplos de líneas á transformar, el autor coloca en primer término las de Barcelona á Mataró, las de Bilbao á Arenas y Portugalete y la de San Sebastián á Irún.

4.ª Próxima la reversión al Estado de líneas importantes, éste debe preocuparse del atento estudio de la cuestión, para en su día encontrarse en situación de abordarla, siguiendo en esto las huellas de otras Naciones europeas, como Italia, Alemania y Francia. En relación con este estudio, debe también acometer el de las abundantes fuentes

naturales de energía disponibles, llegando en caso preciso á la expropiación de concesiones otorgadas. Como punto interesante y de pronta resolución aparece el de los largos túneles próximos á ser perforados en las líneas internacionales que han de unir á España y Francia, para las cuales, á semejanza del Simplón, no cabe en el actual estado de la industria otra solución cuyo acierto pueda remotamente ser comparado con la adopción de la tracción eléctrica.

LUIS SÁNCHEZ CUERVO,
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

LA REGIÓN ÁRIDA DE LOS ESTADOS UNIDOS ⁽¹⁾

Topografía y clima.

Las condiciones climatológicas de los Estados Unidos de América son muy variadas, como puede inferirse de la vasta extensión de su territorio (7.851.000 kilómetros cuadrados, sin Alaska), comprendido aproximadamente entre los paralelos 26° y 49° y los meridianos 65° y 125°, Oeste de Greenwich, de su situación entre los dos Océanos y, sobre todo, del relieve de su suelo y disposición de sus sistemas orográficos con relación á las corrientes atmosféricas predominantes.

De Norte á Sur, y paralelamente á la costa del Pacífico, se extiende Sierra Nevada, y á alguna distancia hacia el Este, la conocida con el nombre de Montañas Roquizas, constituyendo entrambas el sistema orográfico de las cordilleras, situado todo él al Oeste del meridiano 105°, con un relieve considerable que llega en algunos puntos á alturas de unos 4.600 metros sobre el nivel del mar, y un desarrollo superior á 8.000 kilómetros, desde Alaska hasta Méjico, ocupando más de un tercio de la América del Norte. El sistema de los montes Apalaquianos comprende las cordilleras que corren al Este, no lejos de la costa del Atlántico, desde Nueva Escocia, en el Canadá, hasta el Estado de Alabama, en una longitud de unos 2.500 kilómetros, con un ancho medio que no llega á un quinto del de las cordilleras y un relieve medio inferior á la mitad del de éstas.

Comprenden los dos sistemas de montañas el amplio valle del Misisipí, cuya cuenca, que mide nada menos que 3.225.000 kilómetros cuadrados, está formada por sabanas inmensas.

Entre Sierra Nevada y las Montañas Roquizas existen también anchas llanuras, situadas á una altura media de 1.500 metros, llegando las más elevadas á 1.800, gran parte de las cuales vierten sus aguas en varios lagos enclavados en los estados de Nevada y Utah, constituyendo la llamada Cuenca interior. Otras planicies más pequeñas, pero más elevadas aún, forman las mesas que con frecuencia se encuentran en esta parte del territorio americano.

No existe ninguna cordillera, en el sentido de los paralelos, que pueda obstruir ó dificultar el paso de los vientos procedentes de las regiones árticas y ecuatoriales, lo que es causa de que los fríos del invierno y los calores del verano sean comparativamente más intensos que los que existen en Europa en parajes situados en la misma latitud.

Caracteriza el suelo de Norte América, en gran parte del territorio situado al Oeste de los montes Apalaches, al que se contraen principalmente nuestras observaciones, lo dilatado de las llanuras, la suavidad y amplitud de sus ondulaciones y lo moderado de la pendiente de sus laderas aun en las partes elevadas de los grandes macizos; allí son casi desconocidos los valles estrechos y profundos, cual los que se encuentran en Asturias y Suiza, y fuera de algunos cauces que á modo de surcos profundísimos han labrado las corrientes en el terreno, éste suele presentarse abierto, con espesa capa de material laborable, aun en aquellos parajes de gran extensión fuera de las cumbres de las montañas que desde remotos tiempos, sin duda, carecen de cubierta forestal, y que sólo protege una vegetación pobrísima.

La amplitud de las variaciones termométricas es considerable: se han registrado, á la sombra, temperaturas desde 49° centígrados bajo cero á 49° sobre cero, y la media que reina en los diversos Estados llega á acusar diferencias de más de 22°.

La dirección dominante de las corrientes atmosféricas es de Oeste á Este, y de aquí que los vientos de Poniente, saturados de humedad á consecuencia de su paso por el Océano Pacífico, sean causa de condensaciones frecuentes, principalmente en invierno, al elevarse en la atmósfera, con el enfriamiento consiguiente, por efecto de la barrera que á su paso opone, muy cerca de la costa, la Sierra Nevada. Las lluvias son muy abundantes en los altos de ésta.

De ordinario, estos mismos vientos, desprovistos de humedad, corren luego por las desiertas llanuras que aprisionan las dos cordilleras occidentales, dando lugar á la sequía que en ellas reina casi siempre y que es la causa de su esterilidad. Sólo en verano, caldeadas las montañas contiguas á la costa, consiguen franquearlas los vientos de Poniente sin que se produzcan precipitaciones acuosas en sus laderas ni en sus cumbres, dando lugar, sobre todo en California, á las sequías estivales características de esta región.

Las cimas más elevadas de las Montañas Roquizas interceptan los vientos del Oeste no desprovistos por completo de vapores acuosos, produciéndose en estas partes altas precipitaciones relativamente frecuentes y abundantes, mientras en la región baja impera con persistencia la sequía.

Caracteriza el régimen pluviométrico de la región situada al Sudeste de California y Sudoeste de Arizona y Nuevo Méjico la escasez é irregularidad, efecto, sin duda, de que en esta parte no dejan sentir su benéfica influencia las sierras del sistema de las Cordilleras, porque no alcanzan en ella desarrollo y elevación suficientes para provocar en invierno condensaciones abundantes.

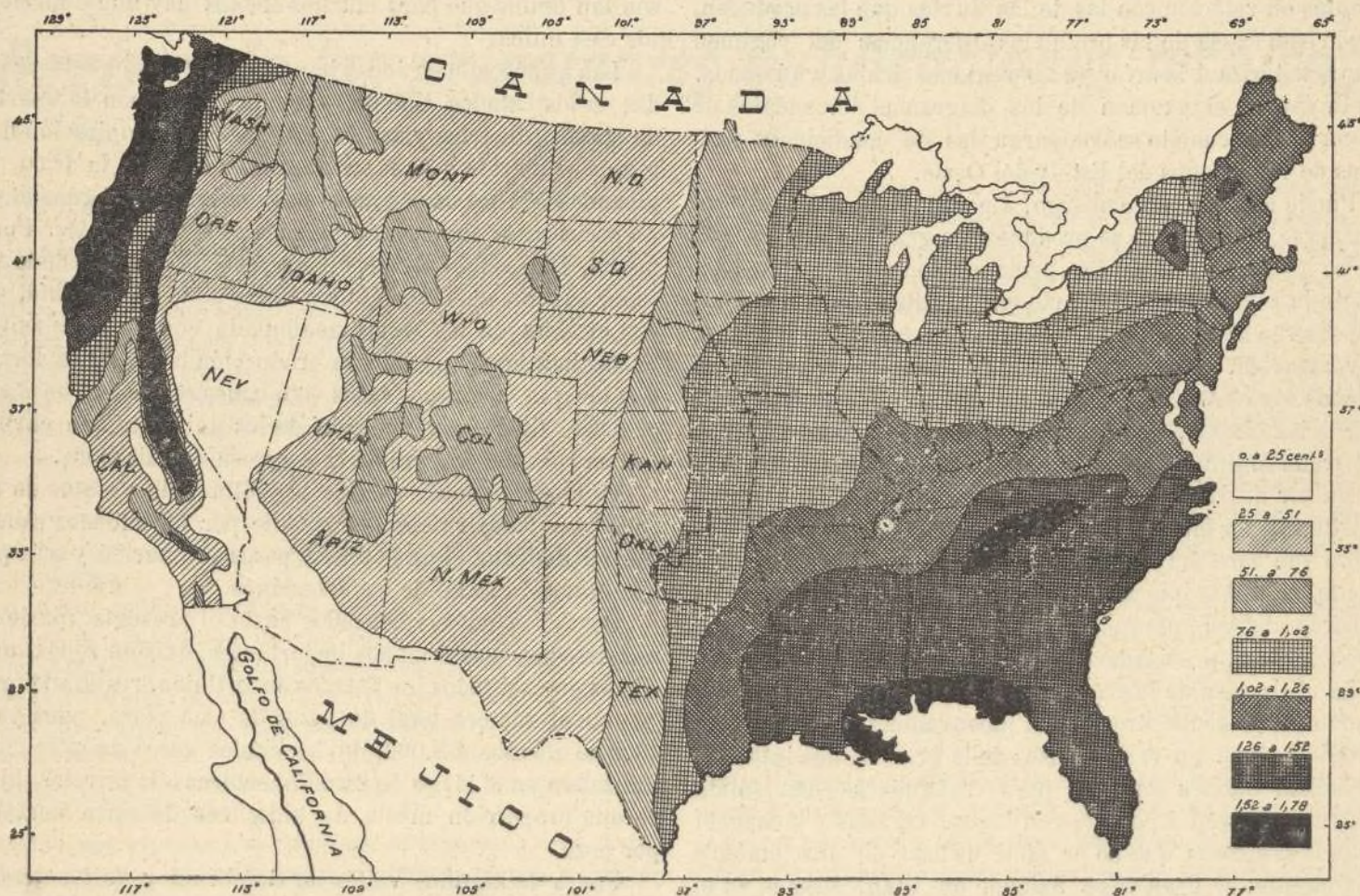
La cantidad de lluvia va en aumento desde el pie de las Montañas Roquizas con dirección al Este ó, mejor, hacia el Sudeste, teniendo su máxima intensidad junto á las costas del golfo mejicano, en los Estados de Alabama y Misisipí. La influencia del Atlántico y de los montes Apalaches resulta preponderante en toda la parte oriental.

El mapa esquemático que se acompaña dará una idea general de la distribución de las lluvias medias en los Estados Unidos; él indica claramente que en la región situada al Oeste del meridiano 100° la altura media pluviométrica no suele llegar á 50 centímetros, si se exceptúan algunas fajas de la vertiente del Pacífico. Esta zona de lluvias mínimas, conocida con el nombre de región árida, se extiende principalmente por los Estados y territorios de Arizona, California, Colorado, Idaho, Kansas, Montana, Nebraska, Ne-

(1) De *Las obras de riego de los Estados Unidos de América*, por don José Nicolau y D. Narciso Puig de la Bellacasa.

vada, Nuevo Méjico, los dos Dakotas, Oklahoma, Oregón, Tejas, Utah, Wáshington y Wyoming; pero es de notar que sus límites por el Este, muy inciertamente definidos, varían considerablemente de un año á otro, corriéndose más ó menos en la región húmeda, según la relativa abundancia de las lluvias, determinándose de esta suerte una zona central intermedia, conocida con la denominación de región semi árida, que comprende casi por entero los dos Dakotas, buena parte de Nebraska y Kansas (estos dos Estados tienen una extensión considerable de su territorio en la región húmeda), Oklahoma y cerca de la tercera parte del extenso Estado de Tejas. La misma región alcanza también algún

La escasez de lluvias en la región árida, la gran superficie del continente norteamericano y su elevación no escasa sobre el nivel del mar, producen un ambiente, de ordinario, seco y enrarecido. En la parte árida de la cuenca del Misisipí las temperaturas extremas son muy rigurosas y el aire suele estar desprovisto de humedad; en las llanuras comprendidas entre las cordilleras el clima es también duro, con temperaturas invernales que llegan á 40° centígrados bajo cero, y atmósfera, en general, muy seca; por el contrario, en la vertiente del Pacífico suele ésta ser mucho más húmeda, la temperatura experimenta pocas variaciones y la nieve es casi desconocida fuera de las altas cumbres de las



desarrollo en Idaho, Wáshington y en el Norte del de California.

En las zonas áridas, los cultivos de secano, si no imposibles, se consideran muy difíciles, no sólo por la escasa altura de la lluvia media anual, sino también por su pronunciada irregularidad y, con frecuencia, por su distribución inconveniente. Han hecho notar varios observadores, que además de las irregularidades con que las lluvias se presentan dentro de un mismo año y en varios años sucesivos, los de abundancia ó escasez vienen generalmente agrupados en ciclos de duración variable, en los que la cantidad de lluvia va en aumento de un año al siguiente, con mayor ó menor persistencia, para luego disminuir en la misma forma. En los últimos tiempos se ha creído encontrar una relación directa entre estos ciclos, que recuerdan los registrados en la Biblia, con la aparición de las manchas del disco solar.

Como también sucede en España, las lluvias se presentan muchas veces, singularmente en los Estados del Oeste y del Sur, en la forma torrencial propia de las tormentas de los climas cálidos; pero, aunque de grandísima intensidad en un punto dado, su radio de acción suele ser casi siempre reducido.

montañas. En especial, la California meridional tiene, como Canarias, un clima muy suave y de temperatura tan constante, que las variaciones anuales en algunos puntos no exceden de 3° á 8°, lo que permite el cultivo de toda clase de plantas, incluyendo muchas que son propias de la zona tropical.

No dejaremos de consignar que la abundancia y relativa antigüedad de las observaciones meteorológicas de que se dispone en Norte América, ha permitido llegar á la conclusión de que el clima en esta parte del nuevo Continente, lo mismo que en Europa, debe ser considerado como estable, no obstante las afirmaciones que suelen hacerse en contrario cuando se parte de hechos inciertos ó de observaciones que abarcan períodos demasiado cortos.

Recursos hidrológicos.

La escasez de lluvia en la región árida implica la de agua disponible, debido principalmente á que las corrientes superficiales que aquélla engendra son, como consecuencia, de caudal reducido, pues á lo escaso del volumen de lluvia que sobre las cuencas cae, hay que agregar que la parte

proporcional que corre por los cauces disminuye muy rápidamente con la reducción de la altura pluviométrica, de tal suerte que, aun tratándose de terrenos de condiciones análogas, en los de las regiones húmedas, donde la capa media pluviométrica anual es de un metro como mínimo, el caudal de las corrientes representa el 50 por 100 ó más del agua de lluvia caída, mientras que en los de las regiones áridas, con alturas medias pluviométricas de 50 centímetros, á lo sumo, las corrientes no conducen como máximo más del 35 por 100, pudiendo llegar este coeficiente hasta casi anularse en las zonas más secas. Un efecto análogo, aunque no tan bien estudiado, debe ocurrir con la irregularidad de las corrientes en relación con las de las lluvias que las producen, siendo esto causa de las profundas diferencias del régimen que caracteriza á los ríos en las regiones áridas y húmedas, según revela el examen de los diagramas de caudales de las corrientes cuando se comparan las de condiciones análogas de los Estados del Este y del Oeste.

Puede notarse, sin embargo, á pesar de lo que acaba de exponerse, que cuando se producen los grandes aguaceros á que se ha hecho referencia, principalmente en algunas zonas de la región árida, la parte que la filtración y evaporación sustrae al dominio de la corriente es, relativamente, muy reducida, aun tratándose de climas muy secos y de cuencas algo permeables y desprovistas de monte. Pero, desgraciadamente, en semejantes casos, sin producirse en el terreno infiltraciones importantes que ulteriormente pudieran ser utilizadas, se presentan en los cauces avenidas impetuosas, en forma de ola devastadora, de tan corta duración que hace muy difícil el problema de su aprovechamiento, mientras que con demasiada frecuencia es causa de desbordamientos, que rara vez dejan de ocasionar daños y depredaciones, precisamente en las zonas más valiosas.

La utilización de las corrientes naturales, á más de los apuntados, presenta otros serios inconvenientes en casi toda la región árida. En varias partes de la gran cuenca interior, demasiado débiles aquéllas para franquearse una salida hasta el mar, van á perderse en lagos, lagunas y ciénagas, algunos salitrosos, que no es fácil utilizar de una manera conveniente; el gran lago Salado, en Utah, situado en el límite oriental de aquella cuenca, es el más importante de estos embalses naturales. Otras corrientes, como el río Colorado en el Sudoeste, han abierto en el terreno surcos pronunciados y relativamente estrechos, á que se ha hecho referencia antes, constituyendo larguísimos desfiladeros (conocidos en Norte América con el nombre de cañones) que alcanzan á veces las enormes profundidades de 1.500 y 1.800 metros. Este y otros grandes ríos, en los trayectos finales de sus cursos, ofrecen debilísimas pendientes, de suerte que por estas y otras causas suelen presentar dificultades y resultar muy costosas las derivaciones de aguas de las corrientes principales del Oeste y Sudoeste.

La escasez de lluvias es también origen de que, en general, las aguas subterráneas no sean muy abundantes; se calcula, sin embargo, que contribuyen á satisfacer las necesidades de la agricultura en una proporción que acaso llegue al 10 por 100 del volumen total del agua que aquélla consume, y es de creer que, á medida que vayan quedando aprovechadas las aguas superficiales, se extenderá más la investigación y empleo de las subterráneas.

El nivel freático en la región árida, fuera de los cauces de las corrientes y de sus inmediaciones, no suele encontrarse á una profundidad inferior á 30 metros, llegando en

algunos puntos á 90. Los caudales obtenidos son poco considerables en las grandes llanuras del Misisipí, no habiéndose confirmado la existencia anunciada de importantes corrientes subterráneas, á pesar de los costosos trabajos que en algunos casos se han emprendido al efecto. De todos modos, prescindiendo de las corrientes subálveas, la velocidad de las aguas subterráneas se ha encontrado de ordinario en los Estados Unidos como en todas partes, que es sumamente reducida, hasta el punto de que debe verse en los estratos acuíferos, más bien que canales de conducción, especies de embalses subterráneos en que, por hallarse rellenos de materiales más ó menos porosos, los movimientos del líquido son tan lentos que para muchos efectos hay que considerarlos casi nulos.

Las aguas subterráneas han sido ventajosamente utilizadas en los Estados Unidos, principalmente con la apertura de pozos ordinarios y artesianos, para la colonización de la región semiárida y aun en algunas zonas de la árida, empleándose en los usos domésticos, en la cría del ganado y en no pocos casos en el riego de superficies reducidas. Por tal medio, han podido algunos pequeños colonos del Oeste sostener sus ganados durante los ciclos de mayor sequía, pues con el agua de los pozos acumulada convenientemente en balsas han hecho posible la producción de algunos forrajes con los que no pocas veces han conseguido en las épocas críticas evitar la extenuación de los animales que envolvía con su ruina el fracaso de la empresa colonizadora.

Es muy frecuente valerse de molinos de viento, en muchos casos contruídos toscamente por los mismos rancheiros, para elevar el agua en los pozos ordinarios y aun para aumentar el caudal de los artesianos.

Por los estudios verificados hasta el presente, puede asegurarse que, más ó menos importantes, existen zonas artesianas en casi todos los Estados de la Unión, resultando muy grande el número total de pozos de esta clase, pues ya en 1890 se elevaba á 8.000, de los cuales cerca de la mitad se utilizaban en el riego de 21.000 hectáreas de terreno, lo que da una proporción media de algo más de cinco hectáreas por pozo.

Fuera de algunos valles de California y de las grandes llanuras del Misisipí, no abarcan las cuencas artesianas gran extensión; los niveles piezométricos son muy variables, alcanzando en algunos pozos alturas tan considerables, que el agua á su salida puede utilizarse como fuerza motriz. El caudal llega en algún caso extraordinario á 190 litros por segundo; pero el término suministrado por los distintos pozos no pasa de siete.

Se utilizan también en la región árida, principalmente en la California meridional, las aguas subálveas de las corrientes superficiales que deben distinguirse de las subterráneas propiamente dichas, pues á diferencia de éstas discurren siempre libremente, no forzadas ó á presión por la capa de acarreos que suele existir en el lecho de los ríos descansando sobre otra impermeable, formando parte integrante del caudal de la corriente superficial, á cuyo régimen se halla sometida la subálvea, si bien en ésta la velocidad es ordinariamente mucho más reducida y muy variable, según la permeabilidad de los acarreos. Cuando la capa de éstos no es muy gruesa, encajonados los cauces y el caudal de la corriente oculta de alguna consideración, ha podido ésta utilizarse en algunas partes, alumbrándola por medio de presas más ó menos enterradas, que hacen refluir el agua por su coronación ó la recogen en tubos de avenamiento colocados

en la base. En otros casos se han empleado con éxito las galerías filtrantes y los pozos.

No es fácil calcular, ni siquiera aproximadamente, la importancia de los recursos hidrológicos de la región árida, pues esto depende de factores múltiples, no bien conocidos hasta el presente á pesar de los numerosos estudios realizados; pero las opiniones más autorizadas suponen que, utilizando con obras y explotaciones adecuadas todas las aguas disponibles, se podría llegar á regar una superficie de 24 á 40 millones de hectáreas, que Mr. Neweil, el Director del

Servicio federal de Obras de riego (Reclamation Service), aprecia en 30 millones. Si se compara esta cifra con la de cerca de 400 millones de hectáreas que representa la de los Estados y territorios áridos, descartada la de los montes y arbolados, la de los desiertos no susceptibles de cultivo y la que se destina á la ganadería, se comprenderá que los recursos hidrológicos son muy limitados, y es obra del mayor interés utilizarlos del modo más completo que sea posible, dentro de las exigencias de una prudente economía pública.

(Continuará.)

Revista de las principales publicaciones técnicas.

Un museo de medios de transporte en Berlin.

Cuando el camino de hierro de Berlín á Hamburgo fué adquirido por el Estado prusiano hace algunos años, se vió que la estación de esta línea en Berlín era insuficiente para atender al incremento continuo del tráfico y se decidió la construcción de una nueva estación en otro sitio. La antigua estación quedó sin empleo y se pensó utilizarla para construir un museo de caminos de hierro, el que después de algunos años de preparación, se ha ultimado y abierto al público al principio del actual. Lleva el nombre de «Kgl. Verkehrs-und Baumuseum», es decir, Museo de los transportes y de la construcción, y está consagrado á los caminos de hierro, á las vías navegables, á los transportes y á la arquitectura.

El edificio continúa siendo el mismo que antes por el exterior; pero la distribución interior se ha modificado profundamente, estableciéndose en los sótanos una instalación de fuerza para el alumbrado, la calefacción y la producción de aire comprimido. Este último se emplea en el movimiento de ciertos aparatos de demostración. Los objetos cuyas exageradas dimensiones no permiten su instalación en las salas del museo están colocados en un patio próximo.

Los objetos expuestos se clasifican en tres categorías, de las cuales la primera, que es la de los caminos de hierro, es la más importante y está subdividida en ocho grupos. El catálogo comprende unos 6.000 objetos, de los cuales cuatro quintas partes son modelos y el resto fotografías, dibujos y libros.

Á la entrada se ven una colección de carriles, traviesas, agujas y cruzamientos, desde los más antiguos á los más modernos, y herramientas para la colocación y conservación de las vías. Se encuentran igualmente muestras de carriles y traviesas inútiles para el servicio y aparatos de ensayo para demostrar la influencia de los choques en la vía al paso del material pesado. Hay unos diagramas que representan el incremento de peso, de longitud y de altura que han sufrido los carriles desde 1842. Finalmente, hay una exposición de modelos de barreras de seguridad y de las diferentes disposiciones que se aplican á los pasos á nivel.

Esta última cuestión tiene una importancia muy grande en Alemania, pues en todas partes se encuentran pasos á nivel guardados; no así en Inglaterra en donde dichos cruces se usan poco. En los Estados Unidos los pasos á nivel con barreras y guardados fuera de las ciudades, son casi desconocidos.

La segunda subdivisión se refiere á la construcción de los caminos de hierro y contiene modelos de estaciones, de edificios para la administración, de cocheras, de depósitos de alimentación, etc. Hay en sitio reservado un soberbio modelo de la estación de Altona, que es el tipo clásico de la estación alemana, que ofrece la particularidad interesante de existir en ella una

instalación eléctrica para la tracción en una línea local. Numerosas fotografías, cartas y diagramas completan esta parte.

Hay un grupo consagrado á una categoría de objetos que han sido motivo de estudios muy especiales en Alemania, y que llamaron la atención en la Exposición de San Luis, en donde el Gobierno alemán hizo una instalación muy completa establecida en una edificación especial. Nos referimos á los aparatos de seguridad, tales como las señales y los cambios de vía, movidos á mano, por el aire comprimido y por la electricidad, de los cuales hay modelos para vía única y para doble vía, etc., que pueden maniobrarse. Colocados al lado de modelos antiguos hacen ver el progreso realizado en esta materia. Una garita de señales con sus accesorios de tamaño natural hay instalada en el patio.

El cuarto grupo se refiere al material móvil que ocupa la mayor parte del museo. Una cantidad considerable de viejas máquinas y coches se ven en vitrinas, como la locomotora *Adler*, del primer camino de hierro establecido en Alemania, y la *Borussia*, del camino de hierro de Calogme-Minden; locomotoras modernas de diversos tipos, caminos de hierro de montaña, ténders, modelos de distintos elementos separados, bogías, calderas y sus accesorios, válvulas, silbatos, hogares, trozos de palastros roblonados, tubos, etc. Un objeto interesante es un abrigo de locomotora, moderno, de tamaño natural, con todos los aparatos para uso del maquinista y del fogonero. El público puede visitar este aparato con todo detalle, por medio de una escalera que permite su acceso.

Hay también un modelo al natural de una caja de humos de una locomotora de cuatro ejes, tres de ellos acoplados, con recalentador Schmidt. Próxima á ésta hay una caldera vieja de 1858, cortada en sentido longitudinal para que se vea el interior y el aparato tubular, y también los efectos del agua y del hogar sobre las paredes correspondientes.

Los coches y los vagones tienen en este museo una gran representación; se encuentran todas las categorías de vehículos de primera, segunda, tercera y cuarta clase, coches-correos, furgones, vagones de socorro, funerarios, restaurants, salones, sleeping cars, etc. Un vagón de viajeros de tercera clase, del año 1843, con asientos de madera desnudos, está expuesto en el patio. Existen modelos que representan la composición de los trenes de mercancías, y en donde se ven todos los tipos de vehículos, comprendiendo en ellos los géneros especiales, vagones para largas piezas de madera, carriles, calderas, productos químicos, líquidos, pescado, animales, etc. Se ven también piezas separadas, frenos, ejes, ruedas, enganches, aparatos para el alumbrado con aceite, con gas y con electricidad; turbina de vapor accionando una dinamo, disposiciones distintas para la calefacción y la ventilación.

Una cosa muy interesante es una batería de frenos del sig-

tema Westinghouse, que comprende veinte frenos, y otra semejante del sistema Carpenter. Estas instalaciones están hechas para hacer ver el funcionamiento de los frenos continuos sobre un tren de veinte coches, y los aparatos se mueven por el aire comprimido, que se produce en los sótanos, como hemos dicho anteriormente.

Actualmente en Alemania se preocupan muy seriamente, como en todos los países donde la industria está ampliamente desarrollada, de la introducción más ó menos general de la tracción eléctrica; por tal razón, hay en este museo una parte especial reservada á los aparatos que se refieren á esta cuestión. Gracias á los donativos importantes de dos de las principales Sociedades de construcción eléctrica del Imperio, se puede seguir desde el principio el desarrollo de este modo de tracción. Hay cerca de 500 objetos expuestos, conductores aéreos y subterráneos, aisladores, cables de transmisión de corriente, detalles de material móvil, aparatos de seguridad. Un modelo muy interesante es el del famoso vagón eléctrico que, durante los ensayos sobre la línea Berlín-Zossen, realizó la velocidad sin precedente de 200 kilómetros por hora.

En el grupo siguiente se encuentra expuesto lo concerniente á talleres y máquinas-herramientas. Los caminos de hierro del Estado no construyen ni máquinas ni vagones, pero poseen seis grandes talleres de reparaciones para el material móvil. Se encuentra un modelo en relieve del taller de Opladen. Para las máquinas-herramientas hay modelos de tornos para ruedas de locomotoras y para ejes acodados, de martillos-pilones, de prensas hidráulicas para acuñar ruedas, de gatos de grúas móviles, etcétera. Hay un gran modelo, que puede funcionar, de la instalación de ventilación del túnel Kaiser Wilhelm, cerca del Rhin. Existen otros modelos dispuestos de la misma manera. Los hay también de ferry-boats, de antigua y nueva construcción.

En la subdivisión relativa á la explotación para viajeros y mercancías, se ve una gran cantidad de piezas impresas, diagramas, reglamentos para los Jefes de estación, guardaagujas, conductores, guardabarreras, con los uniformes y las herramientas. Se debe mencionar en este grupo, una oficina para el despacho de billetes completamente instalada, con máquinas de timbrar, báscula para pesar los equipajes, monta-cargas, etc. Una preciosa colección de billetes desde la época más remota se exhibe en un álbum.

En Alemania se preocupan seriamente del bienestar del personal. Existen numerosos modelos en relieve de enfermerías, casas para obreros y empleados, disposiciones de desinfección, etcétera, con planos y fotografías relativas á todas estas cuestiones. Unos diagramas trazados teniendo en cuenta los ingresos y gastos en los caminos de hierro desde hace cincuenta años, ponen en evidencia el incremento de los ingresos netos. Hay un obelisco formado de tres bloques, cada uno de los cuales representa en oro las sumas totales gastadas por los enfermos, los heridos y los inválidos, y que forman un total de 164 millones de francos para la década desde 1895 á 1904. El artículo del cual extractamos estas líneas, y que es tomado de un diario americano, hace observar que esto debe servir de lección á ciertas Compañías de los Estados Unidos, que no gastan absolutamente nada en cuestiones filantrópicas, aunque sus ingresos son enormes.

Antes de terminar esta revista, diremos algunas palabras relativas á la parte destinada á las vías navegables, que se encuentra en el ala oriental del museo. Comprende esta parte los trabajos de construcción en los ríos, lagos, canales, puertos y costas, y en ella se encuentran modelos de presas, depósitos, esclusas, viaductos, puentes, etc.; navíos de diversas especies, dragas, etc. Hay también dos locomotoras eléctricas para la sirga en los canales y modelos de faros, de proyectores, de sirenas de bruma. Un objeto que merece señalarse es un modelo en relieve de la isla de Heligoland.

Hay tres salas reservadas á la ingeniería civil y á la arquitectura. En ellas se ven bellos modelos de edificios del Estado

así como las fotografías de éstos. Dibujos colocados sobre los muros dan á conocer los detalles de la calefacción, de la ventilación y del alumbrado, existiendo también muestras de los materiales de construcción, tales como mármoles, piedras, vidrios y linoleum.

Se ha unido al museo, más recientemente, una biblioteca y una sala de lectura, en donde se encuentran los periódicos técnicos y las obras de la misma naturaleza, y también una gran cantidad de dibujos relativos á los objetos expuestos.

Este museo constituye una preciosa adición á la lista de establecimientos de instrucción pública que posee Alemania, y su creación debe señalarse como un hecho de grandísimo interés para los ingenieros de todos los países. En Munich se ha creado un museo análogo, pero de un orden más general.

Lo que acabamos de notificar sobre el Museo de Berlín es un resumen de un artículo de M. Bruno Braunsburger, publicado en el *Engineering News*.

Un acueducto en Apulia (Italia).

Desde hace mucho tiempo el Gobierno italiano persigue el estudio de un proyecto colosal para favorecer una de las regiones más desheredadas de Italia, la antigua Apulia, de la cual se dice que fué el granero de Roma y que hoy se encuentra desprovista del elemento más necesario para la vida del hombre. El agua falta, en efecto, por completo en esta parte meridional de la vertiente de los Apeninos, bordeada por el Adriático, pues las tres provincias de Foggia, Bari y Lecce que la componen no tienen ningún río ni ningún manantial abundante. A continuación reproducimos una reseña sobre el proyecto grandioso destinado á poner remedio á aquella situación, tomada de los *Annales des Travaux publics de Belgique*.

La dificultad de un tal proyecto estaba, más que en la cuestión técnica, en los medios financieros, pues no era posible cargar á las provincias interesadas el gasto importantísimo que suponía los trabajos proyectados. Italia entera tenía que soportarlos, y aun así era muy pesada carga.

Hoy parece que los diversos obstáculos se han allanado y que la solución se avecina. Es, pues, el momento de dar algunos detalles sobre esta empresa, llamada á atraer la atención pública, tanto en Italia como en el resto de Europa.

El principio del proyecto adoptado por el Gobierno consiste en hacer una toma en los manantiales del valle Sele, sobre la vertiente mediterránea, en Caposela, y conducir las aguas hasta la Apulia por un acueducto que atraviese los Apeninos.

El punto de origen del acueducto estará situado á 418 metros por encima del nivel del mar, y á poca distancia se hará la travesía de la montaña por un túnel de 12 kilómetros de longitud. El acueducto principal, que llevará un caudal de 4 m³ por segundo, comprenderá en total 50 kilómetros de túneles, 188 de desmontes y 7 de sifones. De este tronco común partirán las distintas ramificaciones para alimentar los tres recorridos de la Apulia, así como las diversas localidades de las provincias de Avelino y de Potenza.

El proyecto comprende la alimentación de 208 ciudades y comunidades, cuya población se eleva actualmente á 1.836.000 almas. La cantidad de agua por cabeza y por día, variará, según la importancia de las localidades, entre 40 y 90 litros.

El acueducto de cada población será construido hasta el centro de ésta, ó hasta sus proximidades, siendo de la incumbencia de los Municipios la construcción de la canalización interior.

El presupuesto, que en un proyecto primitivo se elevaba á 183 millones, se ha reducido á 136 millones, estando en esta cifra incluidas las redes interiores. Por el convenio establecido, corresponden al Estado 125 millones.

En un principio el Gobierno italiano pensó hacer este trabajo objeto de una concesión; pero en la subasta efectuada en 1903 dentro de este criterio, y en la que se presentaron doce ofertas,

ninguna de ellas pudo ser aceptada, y en su vista el Estado decidió llevar á cabo la empresa por su cuenta.

Una ley, votada por el Parlamento en 1904, fijó los principios del nuevo proyecto. Considerando que los trabajos podrían terminarse en 1921 se fijaron los créditos por anualidades desde 4 á 8 millones, y se dispuso que el acueducto se construyera bajo la dirección del Ministerio de Trabajos públicos y por el sistema de contrata.

El 1.º de Marzo de 1905 tuvo lugar la primera subasta. Se presentaron 15 pliegos, seis italianos, tres franceses, tres ingleses, un alemán y dos belgas. La adjudicación definitiva se celebró el 3 de Mayo á favor de la Sociedad Ercole Antico y Compañía, que fué la que hizo la oferta más baja, comprometiéndose á ejecutar los trabajos por 124 millones de liras.

He aquí algunas reseñas complementarias sobre la obra.

Los manantiales del valle Sele que se tratan de captar en Caposele, tienen un caudal variable entre 3.870 y 5.930 litros, ó sea, por término medio, 5 m³ por segundo.

El acueducto principal presenta, en una primera sección de una longitud de 60 kilómetros entre los manantiales y la derivación de la provincia de Foggia, unas dimensiones que le permiten llevar un caudal de 4.000 á 5.000 litros por segundo.

Continúa después con una sección proporcionada á un caudal de 3.500 hasta Spinazzola, y de 2.600 hasta la derivación, que parte hacia Corato. Desde ésta hasta el conducto de alimentación de Bari, el caudal previsto es de 2.300 litros, y desde aquí hasta los de Tarento y Gioja del Colle, 2.000 litros. La última sección del acueducto principal podrá gastar 950 litros hasta la ramificación que se dirige á Fasacco.

La cantidad de agua suministrada por habitante y por día, está reglamentada por la cifra de la población de los centros servidos y las condiciones de empleo de las aguas. Las poblaciones están clasificadas en seis clases. Comprende la primera las seis ciudades principales: Foggia, Bari, Lecce, Darletta y Tarento, que tienen derecho á 90 litros por habitante y por día. Las clases siguientes comprenden los centros menos importantes, hasta la cuarta, que permite 50 litros por habitante para los de menos de 10.000 almas.

En las dos últimas clases se incluyen las poblaciones que han de ser alimentadas por impulsión. Para éstas, la cifra admitida es de 50 ó 40 litros según que la población rebase ó no 10.000 habitantes.

El acueducto de Apulia alimentará 259 comunidades, cuya población llegaba, como hemos dicho antes, á 1.836.000 almas en 1901, pero que se prevé llegará en 1921 á 2.275.000. En esta época, la cantidad de agua á suministrar será de 1.790 litros por segundo en total.

El gasto que se prevé es, pues, más del doble del necesario para la población. El exceso, ó sean 2.200 litros por segundo, representa la cantidad disponible para la industria y la agricultura. Se podrán utilizar 8.000 caballos, de los cuales 1.000 se emplearán en las estaciones elevadoras, y el exceso, ó sean 7.000 caballos, podrán servir para la producción de corriente eléctrica, utilizándose el agua en el riego de 2.500 hectáreas de tierra.

El acueducto principal tendrá una longitud de 236,5 kilómetros y comprenderá 167 kilómetros de desmontes, 53,7 de túneles, de los cuales 12,7 en la travesía de los Apeninos, 12,2 kilómetros de puentes y 3,6 kilómetros de sifones. De éstos habrá cuatro, el mayor de los cuales tendrá 1.850 metros de longitud y 13,3 atmósferas de presión.

El acueducto principal comprende seis saltos de una altura total de 56 metros; el mayor tiene 36,65 metros. La pendiente, abstracción hecha de los sifones, varía entre 0,25 y 0,40 por kilómetro. La velocidad del agua será igualmente de un metro por segundo.

La longitud total de los acueductos secundarios y principales es de 1904,8 kilómetros. Los depósitos, cuyo número es de 146, tendrán una capacidad total de 280.933 m³. En la provincia de Bari, que está poco alejada del acueducto principal, la

capacidad de los depósitos es tal que la alimentación está asegurada durante treinta horas ó cincuenta y cuatro horas, según que se trate de conductos alimentados por la gravedad ó por impulsión. En las provincias de Foggia y de Lecce, estas cifras son 48 y 72 respectivamente.

El precio de venta del agua para los servicios públicos será de 0,15 francos por metro cúbico al principio y de 0,12 después de tres años. Para los particulares, el precio de abono, así como el mínimo de consumo, varía en las seis clases antes citadas.

El precio por metro cúbico variará entre 0,19 y 0,35 francos. Se fijan condiciones especiales para los edificios de la Administración (25 por 100 de rebaja sobre el precio de los particulares), para la industria, caminos de hierro, los tranvías y los puertos (0,22 á 0,08 francos el metro cúbico) y para la agricultura (0,20 á 0,12 francos el metro cúbico).

Á consecuencia del concurso internacional del 3 de Mayo de 1905, como hemos indicado anteriormente, la Sociedad italiana Ercole Antico y C.ª fué declarada adjudicataria de los trabajos. Esta Sociedad se ha constituido con un capital de 15 millones de liras, cuyos dos tercios están ya invertidos. Se le concedió un plazo de dos años para presentar á la aprobación del Ministerio de Trabajos públicos el proyecto completo de los trabajos, habiendo cumplido este requisito en Junio de 1907.

Para realizar este proyecto, se han efectuado sondeos que han confirmado las previsiones sobre las cuales se había basado la adjudicación. Se ha reconocido, efectivamente, la existencia de un depósito subterráneo de donde se surten los manantiales visibles, limitado por un recinto de terrenos impermeables. Este depósito se alimenta en gran parte por el fondo, que está cubierto de una fuerte capa de arena y de piedra menuda caliza.

El proyecto de toma está concebido sobre la base de no alterar en nada el estado actual de los manantiales, conduciendo el agua inmediatamente desde el depósito al acueducto.

Las grietas por las cuales brota el agua actualmente serán cercadas por muros que alcanzarán una altura de 16 metros y que se apoyarán en el suelo impermeable. Su coronación llegará hasta la cota 422,45, y el nivel del embalse estará en la cota 420.

Un acueducto colector se colocará en el eje del depósito; su zamepado permeable se hallará en la cota 419 y su anchura variará entre 3 y 5 metros. Las paredes laterales estarán formadas de pilares de mampostería reunidos por bóvedas con objeto de permitir fácilmente la entrada del agua; los pilares irán fundados sobre bloques de hormigón que deberán establecerse en recintos de tablestacas. La obra irá cubierta de un piso plano de hormigón armado. A la galería principal irán á desaguar ocho galerías transversales que se extenderán hasta los lugares de donde el depósito recibe la alimentación, ó sean los manantiales.

Después de la ejecución de las galerías de captación se limpiará el depósito de las capas de arena y grava compacta y se rellenará con gruesos bloques hasta el nivel de la galería principal, con objeto de facilitar el discurso de las aguas. Este escollero se cubrirá de una capa de 0,30 metros de espesor de hormigón, de una chapa de asfalto y de una capa de 0,30 metros de arcilla, á fin de impedir la penetración de las aguas de lluvia.

La galería de captación desagua en un canal que puede gastar 6 m³ por segundo, por donde el agua es conducida á las instalaciones de aforo, y de donde partirá el acueducto principal, una conducción para el abastecimiento de la ciudad de Caposele y una tubería de descarga.

Puerto de Saint-Nazaire.—Nueva entrada.

En la revista *Loire Navigable*, núm. 149 de 1908, leemos que se ha inaugurado en 21 de Septiembre de 1907 una nueva entrada en el puerto de Saint-Nazaire que responde á todos los deseos de la navegación moderna. Esta entrada tiene su fondo en la cota (— 6,00) que da á la navegación en la plena mar de aguas muertas una altura mínima de 10 metros. Esta entrada

se enlaza á la dársena por una esclusa, que es la más importante de todas las obras del mismo género francesas, pues tiene 30 metros de anchura y una longitud útil de 211 metros, permitiendo además en plena mar, por la abertura simultánea de las puertas, el paso de los barcos de todas longitudes.

Con objeto de asegurar á la navegación un calado suficiente en las dársenas cuyos fondos enrasados á — 4,30 están más elevados que el de la nueva entrada, se procede actualmente á la instalación de una maquinaria potente que permita introducir en las dársenas la cantidad de agua necesaria para mantener el plano de agua á la cota precisa. Esta cota, que será normalmente + 5,00, podrá llegar á + 6,35 (cota de la arista de los muelles). El calado tendrá entonces un mínimo de 9,30 metros y podrá llegar á 10,70 metros.

Por lo tanto, cuando los trabajos de mejora actualmente en curso de ejecución estén terminados, el puerto de Saint-Nazaire podrá recibir en toda marea, aun en la de aguas muertas, y admitir en los varaderos barcos de longitud total de 230 metros, 10,50 metros de calado y 30 metros de anchura.

Los vastos terrenos que rodean el puerto se prestan por otra parte admirablemente á una extensión de sus dársenas y la situación natural de los grandes fondos de la rada, situados inmediatamente al lado de la orilla, permitirá igualmente, en caso necesario, establecer extensos muelles en agua profunda que prestarán grandes servicios á la gran navegación de escala.

Carretera de hormigón para automóviles

Durante el verano las costas de Long-Island son habilitadas por una población numerosa cuyo sport favorito es el automovilismo. Para dar cumplida satisfacción á los deseos del público se trata de construir una carretera de unos 100 kilómetros, exclusivamente para los automóviles, y en la que se pueda marchar con velocidades de 100 kilómetros, construyendo las inclinaciones en las curvas en vista de esta velocidad.

Un primer trozo de 15 kilómetros se ha terminado recientemente. Lo más interesante de esta carretera es el adoquinado de hormigón arinado y la supresión de los pasos á nivel en el encuentro con otras carreteras y caminos de hierro.

La nueva vía está cerrada en toda su extensión; su anchura total es de 30,50 metros y el ancho del pavimento de hormigón de 6,70 metros. Está formado éste de una capa de piedra partida muy dura, de 0,15 metros de espesor, igualada por medio de la rastrilla y sobre la cual se extiende el cemento. Se hace pasar después un rodillo de 10 toneladas hasta que el cemento refluya á la superficie. Una capa de piedra menuda de granito se extiende después sobre la fundación y el rodillo se pasa de nuevo hasta que el cemento vuelva á salir á la superficie.

Conviene operar por secciones de longitudes tales que el apisonado esté terminado antes de que el fraguado del hormigón haya comenzado. Finalmente, la carretera se barre transversalmente, á fin de producir una superficie rígida.

La calzada así obtenida ofrece una buena resistencia para los neumáticos de los automóviles y las desviaciones transversales no son de temer. Se espera que la carretera no será polvorienta, y á fin de darle un aspecto agradable y evitar la reverberación, se mezcla con el cemento una cierta cantidad de negro de humo, con lo que se consigue una coloración gris pálida.

En la capa de piedra partida, á 0,05 metros por encima del fondo se coloca una armadura que consiste en una celosía metálica del sistema «Diamond» cuyas diversas partes están enlazadas entre sí tanto longitudinal como transversalmente, á fin de realizar la continuidad en la armadura. El objeto de ésta es evitar las roturas por consecuencia de la contracción ó de la formación de bolsas en los terraplenes.

El bombeo es de 0,10 metros, tanto para la superficie como para el fondo del firme. La carretera se drena en los terraplenes.

(The Engineering Record.)

Precios unitarios de las canalizaciones eléctricas subterráneas, comparados con los de las líneas aéreas.

Esta nota, tomada de una memoria de M. De Marchena, Ingeniero Jefe de la Compañía Thomson-Houston, establece cuáles, en comparación con las líneas aéreas, el costo de las canalizaciones subterráneas, y cómo este costo varía con la sección de los conductores y la tensión empleada.

Se hace abstracción en este estudio de los gastos accesorios que lleva consigo el establecimiento de las canalizaciones subterráneas, y en particular de los relativos á la apertura de las zanjas y á las obras que hay que efectuar en los andenes y calzadas, pues estos gastos, que son muy variables según los casos, son casi independientes de la naturaleza, del tipo y aun de las dimensiones de los cables. No se considera más que el costo de los cables puestos en obra en sus zanjas con sus cajas de unión.

En este costo entra un elemento que se puede desde luego dejar aparte, puesto que aparece casi idéntico en las líneas aéreas: el precio del cobre de que están formados los conductores eléctricos. Este precio depende esencialmente del estado del mercado, y es por consecuencia, eminentemente variable. Con el cobre al precio de 2 francos el kilogramo, y teniendo en cuenta el mayor valor por la formación del cable y el gasto que corresponde al transporte del peso de este cobre, esta parte de los gastos podrá representarse por la expresión.

$$A = 20 \omega$$

en la que A es el gasto en francos correspondiente al cobre por kilómetro de cable ω la sección total de cobre contenida en el cable expresada en milímetros cuadrados.

Los demás elementos que entran en el precio de costo son:

Las materias primas para el aislamiento, envoltorio de plomo y armaduras protectoras;

Los accesorios de colocación (cajas de unión, cajas terminales, etc.)

Los gastos de fabricación, los gastos generales de transporte y la colocación en obra;

El beneficio del fabricante.

Examinando de cerca estos elementos, se observa que la mayoría son proporcionales á las dimensiones del cable, y una pequeña parte es siempre fija ó no varía apenas con estas dimensiones.

Estos elementos del precio pueden, pues, englobarse y representarse por una expresión de la forma:

$$B = m + n \Omega$$

Siendo Ω la sección del cable debajo de la armadura de plomo.

Por otra parte, la sección Ω es función, á la vez, de la sección ω de los conductores que hay que aislar y de la tensión empleada V , que hay que tener en cuenta y con arreglo á la cual deben establecerse los cables.

Esta función es evidentemente muy compleja; sin embargo, para las secciones usuales de los cables y cuando los espesores del aislante están convenientemente proporcionados, se puede admitir que varía linealmente con relación á cada uno de estos elementos, es decir, que puede representarse por una expresión de la forma;

$$\Omega = (a + b V) \omega + c V$$

Llevándola á la expresión de B , se encuentra finalmente para el costo del cable, una expresión de la forma:

$$A + B = m + \gamma V + \omega (a + b V)$$

(Se continuará.)