

que con la del reglamento francés; pero la facultad que este último concede de sustituir al tren tipo una sobrecarga virtual uniformemente repartida, justificando que conduce á esfuerzos por lo menos iguales á los desarrollados por aquél, permite simplificar extraordinariamente los cálculos en la generalidad de los casos.

El reglamento austriaco admite una sola clase de material para los puentes, el hierro dulce, y solo fija coeficientes de trabajo para este metal, admitiendo valores variables según la luz de las vigas, creciendo con dicha luz. Para una viga determinada el coeficiente de trabajo es el mismo para todos los elementos de la viga. Esta manera de proceder puede considerarse como acertada ó criticarse seriamente, según qué manera de ver se adopte entre as varias ideas corrientes hoy día acerca de la variabilidad de los esfuerzos sobre la resistencia de los materiales. Así, por ejemplo, el adoptar un mismo coeficiente de trabajo para un elemento de un puente cuyos esfuerzos varien desde cero cuando no actúan las cargas accidentales, á un máximo cuando actúan, que para otro elemento sometido á un esfuerzo permanente que aumente poco cuando vienen á actuar las cargas accidentales, parecerá acertado á quien admita que los materiales son capaces de soportar con seguridad un esfuerzo accidental tanto mayor cuanto menor es el esfuerzo permanente á que se hallan sometidos; pero parecerá erróneo á quien crea, y éstos constituyen la generalidad, que la facultad de resistir á un cierto esfuerzo máximo accidental es mayor cuanto menor es la diferencia entre los valores de dicho esfuerzo y del permanente que el material debe soportar.

El reglamento francés admite el hierro y el acero para la construcción de puentes, definiendo las cualidades de los metales á los cuales podrán aplicarse los coeficientes de trabajo que prescribe; pero permite el empleo de materiales de cualidades distintas con distintos coeficientes, siempre que se justifique debidamente su adopción. Los coeficientes prescritos son los límites máximos de los cuales no deberá excederse y que deberán reducirse, según la naturaleza y variabilidad de los esfuerzos, dejando á la iniciativa de los ingenieros la elección del método que deberá seguirse para fijar el valor que se adopte para los coeficientes de trabajo, que deberán debidamente justificarse, aconsejando empero la adopción de ciertas fórmulas que están de acuerdo con las indicaciones de la práctica.

Creemos acertado este criterio del reglamento francés, pues no se conocen todavía experiencias decisivas que permitan fijar la relación que existe entre las cualidades de los materiales que se emplean y los coeficientes de trabajo que deben adoptarse en vista de la naturaleza y variabilidad de los esfuerzos, y que es muy probable que las ideas que merecen hoy mayor aceptación las hagan erróneas las varias experiencias que distinguidos Ingenieros están llevando á cabo, debiendo además contribuir muchísimo en la adopción definitiva de dichos coeficientes las cualidades de los materiales de construcción, que mejoran todos los días gracias á los incesantes progresos de la metalúrgica.

En el reglamento suizo, recientemente publicado, se prescriben coeficiente, de trabajo variables, según fórmula análoga á las aconsejadas en el reglamento francés.

(Se continuará.)

E. MARISTANY.

DESDE LONDRES

LA TRACCIÓN ELÉCTRICA

POR ACUMULADORES SOBRE CARRILES Y CAMINOS ORDINARIOS (1)

CONFERENCIA DADA EN EL INSTITUTO DE INGENIEROS ELECTRICISTAS DE LONDRES POR MR. L. EPSTEIN EL DÍA 11 DE NOVIEMBRE.

(Continuación).

Sin perder de vista el objeto principal, que como se ha dicho es hacer el método de explotación lo más parecido posible al sistema de conductor aéreo, el método especial que se adopte dependerá siempre de las circunstancias especiales de cada aplicación, pues mientras en unos casos resultará más ventajoso llevar las baterías colgadas del bastidor ó dentro del carruaje, en otros será más apropiado á las circunstancias el colocarlas en un carretón, en el cual podría ir también el motor. Un carretón, con una batería de capacidad suficiente para arrastrar un coche de 52 pasajeros por espacio de ocho horas, pesaría todo completo unas tres toneladas, siendo el peso del carretón propiamente dicho, comprendiendo los ejes y las ruedas, de unos tres cuartos de tonelada. Como quiera que en condiciones normales cada tonelada arrastrada causa un gasto de 0,4 de penique, el peso adicional del carretón aumentaría los gastos en unos 0,3 de penique por coche y por milla. Sin embargo, es evidente que este aumento de gastos representa una pequeña parte de los que el antiguo método de manipular los acumuladores originaba, esto sin contar con la gran economía que tiene lugar en la duración de las baterías.

Existen muchas líneas en las que el tráfico de pasajeros varía considerablemente, y no sólo en las diferentes horas del día, sino quizás de una manera más marcada durante las diferentes estaciones del año. Esto sucede, por ejemplo, en las poblaciones que tienen temporadas de baños y ferias periódicas. Con el uso de los carretones arriba indicados se pueden llenar de una manera muy eficaz las exigencias variables de tales poblaciones, pues bastaría el enganchar el carretón tractor á uno ó más coches, con tal que las baterías empleadas tuvieran las condiciones necesarias para descargar en buenas condiciones á un régimen muy elevado.

Por muy conveniente que sea el método de emplear las baterías, de poca utilidad resultaría si éstas no reunieran las cualidades que son absolutamente indispensables, pues, naturalmente, el éxito ó fracaso de la tracción por acumuladores depende, esencialmente, de los méritos del acumulador. Para que un acumulador se preste bien á ser empleado en la tracción es preciso que reuna, además de todas las buenas cualidades que se exigen á un acumulador para el alumbrado, otros caracteres especiales. Aunque su ligereza no sea una de las cualidades esenciales, es una de las más importantes. Además, el acumulador deberá no sólo poder resistir rudo tratamiento sin verter el líquido, sino también no debe decrecer en capacidad mientras está en uso, pues esto desorganizaría el servicio de la tracción. La batería deberá también exigir pocas reparaciones y desmontajes, y las primeras no deberán ser más caras que las de cualquier otro órgano de maquinaria. A todos nos consta que las baterías en los tiempos pasados dejaban mucho que

(1) Véase el número 21.

desear. Algunas de las placas positivas se desgastaban mucho más pronto que otras, y esto condujo á la práctica de reemplazarlas por otras menos deterioradas, sacadas de otras baterías, y últimamente, á convertir parte de la sección negativa en positiva. Resultado, que, después de algún tiempo, toda la instalación quedaba reducida á una pequeña fracción, compuesta de unos cuantos restos menos deteriorados que los otros, los cuales se enseñaban con orgullo como prueba de la larga vida que tenía el tipo de acumulador que representaban. Como quiera que una batería se compone de un gran número de elementos y éstos á su vez de un gran número de placas, el desmontar y reparar una batería resultaba un trabajo serio y en realidad el más costoso de todos los gastos de entretenimiento.

El acumulador que más se aproximaría al tipo ideal para la tracción sería aquel que reuniera las condiciones siguientes: placas positivas del sistema Plante, una superficie muy extensa y una capa de materia activa proporcionalmente delgada, pero en íntimo contacto con el plomo metálico de que se ha formado. Es cosa sabida que, mientras que la capacidad en cantidad de una placa se determina por el volumen de material activo, la capacidad de descarga depende de la superficie de las placas, y como quiera que es cosa muy factible el aumentar hasta diez veces el área de una placa, sin alterar para nada su resistencia mecánica, empleando costillas ó protuberancias, se deduce que las densidades de corriente se pueden aumentar en la misma proporción. Es cosa esencial, además, que el ácido tenga libre acceso á todas las partes del material activo, y esto sucederá, naturalmente, mucho mejor en una placa Plante que ofrezca una gran superficie con una capa muy tenue de peróxido que en otra placa de superficie plana, en la cual el material activo forma una capa relativamente espesa. Sucede que, no sólo es más imperfecto el contacto entre las partes activas y conductoras en una placa muy recubierta, sino que además la acción eléctrica puede sufrir mucho, aun cuando todavía exista una cantidad suficiente de material activo sin descargar, pues el ácido que se aloja en los poros de la parte activa puede llegar á agotarse, especialmente durante las fuertes descargas, al mismo tiempo que los intersticios son demasiado pequeños para que permitan un activo ataque al electrolito.

Con respecto á la formación de buenos electrodos negativos, se podrá conseguir, ya sea empleando placas positivas de la clase descrita después que hayan sido reducidas, ó bien usando óxidos ó sales de plomo, pues el plomo, finísimamente reducido, es mucho mejor conductor que el peróxido de plomo, pero se debe poner el mayor cuidado en asegurar la mayor adherencia posible entre este material y su soporte y escoger de tal modo los materiales que se destinan á convertirse en activos después de la completa formación, que pueden producir una capa de la mayor porosidad que sea compatible con la cohesión mecánica.

Se ha encontrado después de numerosos experimentos que el agotamiento de una placa positiva de un acumulador da lugar á un decrecimiento gradual de la F. E. M., mientras que si es un electrodo negativo el que se agota, esta misma F. E. M. decae rapidísimamente. Por esta razón, y por la de ser indudablemente muy ventajoso el que la F. E. M. de una batería varíe lo menos posible, yo me permito indicar la conveniencia de emplear en la tracción secciones negativas de una capacidad mayor que la de las correspondientes positivas.

Por razones de economía, se debe recurrir lo menos que sea posible á la práctica, antes tan recomendada, de cargar con exceso las baterías. La posibilidad de incurrir en este exceso se puede evitar empleando instrumentos de medición, ó con otros medios apropiados, y en el caso de efectuarse la carga á un potencial constante, la misma batería se encarga de protegerse á sí misma. El sobrecargar las baterías *de vez en cuando* puede resultar ventajoso, no como antes se creía para mejorar los electrodos, sino porque con ello se consigue mezclar perfectamente el electrolito, que, como antes queda dicho, tiene una tendencia á variar en peso específico, siendo más denso en el fondo del elemento y decreciendo su densidad hacia la superficie, lo cual produce una acción desigual en las diferentes porciones de la placa. Otra manera de igualar la acción electrolítica en toda la superficie de la placa consiste en aumentar la superficie de los electrodos hacia el fondo, con el objeto de compensar así la mayor densidad y mejor conductibilidad del electrolito, aumentando la distancia entre los electrodos de polaridad opuesta.

Nos hallamos ahora frente á frente con la importantísima cuestión del coste de depreciación de las baterías. Si consideramos el caso de una batería para un coche de cincuenta y dos pasajeros con un peso medio de 12 toneladas y un recorrido de 100 millas diarias, igual á 1.200 toneladas-milla por día, veremos que á razón de 80 watt-horas por tonelada-milla el gasto eléctrico diario será de 96 unidades, ó si funciona á 400 volts 240 ampere-horas. Desde luego no importa para hacer este cálculo saber el voltaje, pues dada la misma capacidad de wat-horas, el coste de renovación de un pequeño número de grandes electrodos es prácticamente el mismo que el de renovar un gran número de pequeños electrodos. El coste de renovación de la parte positiva de un acumulador de tal capacidad, no debe exceder (incluyendo el beneficio del fabricante) de diez chelines, y suponiendo que pueda efectuar dos descargas por día podemos esperar que tenga una duración media de 1.500 descargas. Trabajando, pues, la batería durante 750 días y efectuando un recorrido de 75.000 coche-millas, el coste de renovación de las placas positivas de 220 elementos subirá á un total de 110 ó sea 0,35 de penique por coche-milla. La experiencia conseguida en Hannover prueba que este cálculo yerra por exceso y no por defecto, y eso que allí se emplean, según parece, baterías de un peso mucho más grande del que sería necesario.

Dada una buena batería y adoptando el sistema que mejor se acomode á las condiciones de cada línea, llegaremos, teniendo cuidado siempre de evitar el tener que manipular las baterías, á un coste de explotación aproximadamente igual al del sistema de trolley, pues los gastos extraordinarios, representados por el mayor peso del carruaje conteniendo baterías y motor, se hallan compensados por otras ventajas que con este sistema se obtienen, como lo demuestra el caso práctico de Hannover.

Mientras que en las líneas de tranvías la tracción por acumuladores tiene que demostrar su superioridad sobre los otros sistemas para que sea preferida á sus rivales, hay otro extensísimo campo, en el cual el empleo de las baterías es cosa de absoluta necesidad. Aludo, desde luego, á la tracción en carreteras y caminos ordinarios.

La fuerza de tracción en los caminos ordinarios está, naturalmente, sujeta á mayores variaciones que sobre carriles. Sin embargo, yo opino que en buenos caminos pavi-

mentados con asfalto ó madera la fuerza de tracción para los vehículos, tal y como se construyen hasta aquí, no debe pasar de 60 libras. El peso de un vehículo eléctrico para dos ó cuatro pasajeros con motor y batería, comprendido todo, será de unos 30 quintales, siendo el peso de los acumuladores 9 quintales. Una batería de tal peso será capaz de producir corriente durante cuatro á cinco horas, haciéndose el recorrido con una velocidad de 8 millas en horizontal y de 4 millas en rampa de 1 por 24. La fuerza en el eje de tracción será de dos caballos efectivos en el primer caso y de unos tres caballos efectivos en el segundo, y suponiendo que el motor y mecanismo de transmisión den un rendimiento total del 65 por 100, la batería tendrá que dar descargas á razón de 2.208 watts y 2.812 volts respectivamente.

Con un rendimiento de 70 por 100 en la batería, la carga, para un recorrido de una hora, exigirá unas tres unidades, la cual, suponiendo cueste 2 peniques por unidad (precio que seguramente no será mayor, ya sea que la corriente se genere en una estación particular de la compañía ó que se tome de cualquier otra de las que la venden al público), corresponde á un coste de tres cuartos de penique por milla. Se puede, pues, suponer con fundamento que los carruajes eléctricos de alquiler podrán competir con éxito con los arrastrados por fuerza animal, con tal que la duración de los acumuladores sea regular.

Estos resultados industriales, favorables, no serán perjudicados, ni aun en el caso de que el coste de entretenimiento de los acumuladores excediera del 10 por 100 por año, que es la cifra que se dice estiman los fabricantes en general. El tiempo que los acumuladores han estado en servicio es quizás demasiado corto para demostrar que las baterías pueden ser alimentadas á un tanto por 100 tan bajo.

Como resultará evidente de las consideraciones que vamos á exponer, uno de los factores más importantes es que la batería sea tan segura en su funcionamiento que evite la necesidad de tener que examinarla frecuentemente para hacer pruebas ó para reparar defectos parciales, y esta condición es de importancia mucho mayor que la de la duración total ó vida de la batería. Suponiendo que el promedio de millas recorridas con una sola carga sea de 40, y estimando el coste de renovación de las secciones positivas á 10 chelines por elemento, ó sean 20 libras por batería de 40 elementos, el coste de renovación por milla recorrida será como sigue:

Si se renuevan á los ocho meses (240 días) después de recorrer 9.600 millas, 0,5 de penique por coche y por milla.

Si se renuevan á los doce meses (360 días) después de 14.400 millas, 0,33 de penique por coche y milla.

Si se renuevan á los diez y seis meses (480 días) después de 19.200 millas, 0,25 de penique por coche y milla.

Si se renuevan á los veinticuatro meses (720 días) después de 28.800 millas, 0,166 de penique por coche y milla.

Si el precio de una batería fuese de 60 libras esterlinas y se hiciere necesario renovar todas las secciones positivas de ella, aun al terminar un período tan corto como el de doce meses (después de un recorrido de 14.400 millas), es cierto que entonces el coste de renovación, que se presupuso en 20 libras esterlinas, sería equivalente al 33 y $\frac{1}{3}$ por 100 del coste original, pero esto solo significa un tercio de penique por coche y por milla. Por otra parte, aun con acumuladores que tuviesen mayor vida, pero que exigieran

revisión y pequeños reparos, los salarios que habría que pagar y el coste del material, según la experiencia adquirida en la explotación de los tranvías, subirían seguramente á una cifra mucho mayor que la del coste de renovación de las secciones positivas, aun después de un tiempo relativamente corto. Además, en tal caso sería necesario tener más de un juego de baterías por cada coche, lo cual no solo aumentaría el gasto de instalación, sino que teniendo en cuenta el interés del capital y el de la depreciación elevaría muchísimo el coste total.

En los caminos ordinarios la ligereza de la batería es de mucha mayor importancia que en el caso de los tranvías, no solamente por el mayor gasto de energía que es necesario para arrastrar un peso dado, sino porque en este caso la batería representa una gran fracción del peso total del vehículo. En las grandes ciudades será ventajoso emplear baterías que puedan ser cambiadas por otras y el establecer convenios con las compañías que venden al público el fluido eléctrico, para que éstas se encarguen de tener y cargar un número de baterías de repuesto, listas siempre para ser empleadas.

Entonces los conductores podrían cambiar las baterías al agotarse en la estación más próxima, sin tener necesidad de volver á la fábrica de la Compañía, que ordinariamente se encontraría muy distante; de esta manera se economizaría tiempo y con ello se conseguiría mayor beneficio pecuniario en la explotación.

Las cifras referentes á los tranvías contenidas en este trabajo, son el resultado de mi propia experiencia y ensayos, mas no puedo decir lo mismo de las que se refieren á la tracción en caminos ordinarios; hubiera preferido desde luego el haber presentado aquí datos basados tan solo en experiencias personales con un automóvil que estoy construyendo, y que contendrá según creo varias mejoras que tenderán á reducir la fuerza de tracción. Pero desgraciadamente, y como sucede muy á menudo con las construcciones nuevas, la completa terminación de este carruaje tarda mucho más tiempo del que yo esperaba, y aunque traté de aplazar la lectura del presente trabajo á fin de encontrarme en condiciones de traer aquí algo que tuviera el encanto de la novedad, sin embargo, bien ó mal hecho, cedí al ruego que se me hizo de leer en esta Institución un trabajo sobre la tracción eléctrica, al comienzo de las sesiones. Si, como temo, he fracasado en mi intento de exponer ante vosotros algo interesante, aquélla es mi excusa.

ESTADO Y PROGRESO DE LAS OBRAS DEL PUERTO Y RÍA DE BILBAO ⁽¹⁾

(Continuación.)

II.—CONTRAMUELLE Ó DIQUE DEL ESTE DEL PUERTO EXTERIOR

La subasta de las obras del contramuelle fué aprobada por Real orden de 13 de Enero de 1894, comprendiendo la contrata el dique propiamente dicho, que ha de tener 1.096 metros de longitud, á partir de la extremidad de las peñas llamadas Arluce, situadas al pie del promontorio «La Begoña», y algunas obras complementarias, entre las que se hallan el camino y explanada adyacente, que pone

(1) Véase el número anterior.