

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA 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.

Una instalación hidroeléctrica de 300.000 caballos en el Mississipi.

La línea de 110.000 voltios de Keokuk á San Luis.

(The Electrician.)

Desde la central hidroeléctrica de Keokuk á San Luis, en un recorrido de 232 kilómetros, se extiende una línea de transmisión á 110.000 voltios, constituida por dos circuitos dobles, sostenidos paralelamente en planos verticales por una sola fila de postes. Cada cable se compone de 19 hilos de cobre estirado y el diámetro total es de 16 milímetros. La carga de rotura del cable es de 6.350 kilogramos, lo que da un amplio factor de seguridad, aun cuando se presenten las condiciones extremas como son: un revestimiento de hielo de 13 milímetros con viento de 96 kilómetros por hora y temperatura de -18 grados (0° F). En las condiciones señaladas, se cree que la carga no pasará de 3.180 kilogramos, en el tramo normal de 244 metros, adoptado para la línea. El efecto «corona» se manifiesta en estos conductores á 148.000 voltios, ó sea á una tensión superior de cerca del 35 por 100 al voltaje normal.

Las torrecillas de acero de la línea de San Luis miden, en alineación recta, 20 metros de altura y $5,1 \times 5,1$ metros en la base. Pesa cada una 4,45 toneladas. Los cables están sostenidos por aisladores á suspensión, encontrándose cada circuito en un plano vertical, á un lado de la torrecilla.

Los aisladores á suspensión se componen cada uno de siete discos de 254 milímetros, los montajes del cable en el aislador miden en total 1,22 metros de longitud. Estos aisladores han sido previamente sometidos á ensayos en seco á 440.000 voltios y á ensayos húmedos á 330.000 voltios.

Las torrecillas normalmente empleadas con el modelo de construcción á suspensión libre, en las curvas se han instalado para poder soportar el peso y la tracción lateral de todos los conductores, en las condiciones atmosféricas más rigurosas, y teniendo además en cuenta la tracción desequilibrada que puede ejercerse por dos cables rotos.

La base de estas torrecillas está anclada en un cimiento de hormigón que pesa dos toneladas y enterrado hasta 1,85 metros de la superficie. En las marismas y valles que atraviesa la línea, el cimiento alcanza hasta el nivel de las aguas más altas. Las torrecillas han sido colocadas en su sitio sobre el cimiento, por medio de una especie de cabria articulada, de modo de poder le-

vantarla para dejarla reposar directamente sobre la base de hormigón. Los tramos de cable se han tendido al dinamómetro. A cada diez torrecillas en línea recta, lo mismo que en los ángulos, y en las travesías de ferrocarriles se han empleado postes de construcción más fuerte, que miden 18,75 metros de altura, $6,1 \times 6,1$ metros en la base, y pesan, aproximadamente, cinco toneladas. Se apoyan sobre cinco pedestales de hormigón, enterrados á 2,45 metros, y pesan cada uno siete toneladas y media. Estas torrecillas pueden soportar cada una una tensión total desequilibrada de 22.700 kilogramos.

Además de los seis cables principales sostenidos á 3 metros de intervalo, á cada lado de las torrecillas existe en el vértice de éstas un cable de comunicación con tierra de 13 milímetros, y construido en acero Siemens-Martin galvanizado. Este cable resiste una carga de rotura de 5.000 kilogramos, aunque su tensión posible, suponiendo las condiciones atmosféricas más rigurosas no pueda alcanzar más que á 2.500 kilogramos.

Partiendo la línea de la estación central, cruza el Mississipi en un tramo de 855 metros, atraviesa en la mayor parte de su recorrido el Illinois, franquea nuevamente dicho río, y antes de llegar á San Luis atraviesa el Missouri. La línea tiene reservada una zona de terreno de 30 y medio metros de anchura, lo que da margen para hacerla doble en caso de necesidad.

Los soportes del tramo de 855 metros se han colocado uno en la armadura establecida en el techo de la fábrica, y el otro en la orilla opuesta, compuesto por torrecillas de 41 metros y sobre cimientos de hormigón.

Los cables empleados para estos largos tramos que franquean los ríos, se componen de un alma de acero especial de gran resistencia de 16 milímetros y de 20 hilos de cobre que constituyen los exteriores, dando en junto un diámetro total de 22 milímetros. En las travesías de los ríos han sido montados los conductores en un plano horizontal á intervalos de 6,10 metros con objeto de evitar el peligro de la oscilación en caso de viento fuerte. Cada cable está sostenido por una serie de seis hileras paralelas de aisladores; un ingenioso sistema de palancas equilibradoras reparten el empuje uniformemente sobre cada aislador. La carga de rotura de los cables que franquean estos tramos es de 23.600 kilogramos, aunque en las condiciones atmosféricas más desfavorables no puedan exceder las cargas de 11.000 kilogramos.

Por encima de los cables conductores van suspendidos los de comunicación con tierra de 16 milímetros y á razón de uno por circuito. Estos últimos cables soportan los hilos telefónicos y sirven también para la suspensión de las vagonetas para la

inspección y reparación de los tramos que cruzan los ríos. En igual forma se han instalado todos los cables que tienen que atravesar corrientes de agua, habiendo tenido necesidad de emplear en algún caso torrecillas hasta de 70 metros de altura.

En la travesía de las vías férreas se han observado las recomendaciones de la *National Electric Light Association*. Se han establecido tres pequeños tramos, de los cuales, dos, á cada lado del que franquea las vías; los postes exteriores formando anclajes. En todos los postes los cables están sometidos á una tensión igual á la mitad de la normal, en los tres tramos, con objeto de evitar todo lo posible los riesgos de la caída de los cables.

Paralelamente á la línea de transmisión, desde Keokuk á San Luis, se ha instalado un circuito telefónico sobre postes de cedro de nueve metros de altura; esta línea bordea la faja de terreno reservada; va protegida por un hilo de comunicación con tierra. En intervalos de 6,4 kilómetros existen estaciones telefónicas, y las habitaciones para los vigilantes están edificadas á intervalos de 29 kilómetros. Se han tomado grandes precauciones para el aislamiento de las líneas telefónicas.

La carga principal producida en la central de Keokuk es, naturalmente, transmitida á San Luis, pero una subestación de transformación, establecida en Metten, restará muchos miles de kilovatios para transmitirlos á Alton (Illinois), bajo 66.000 voltios; además, en Hull, una fábrica de cemento tomará 10.000 caballos, y se ha firmado un contrato con la Central Illinois Public Service C.^o para que proporcione á su red en la zona central Oeste del Estado 2.000 kilovatios. Desde Keokuk, por la orilla de Mississippi correspondiente al Illinois, parte una línea de 11.000 voltios para Burlington y Fuerte-Madison (Yowa). La Keokuk Electric C.^o explotará igualmente empresas de alumbrado eléctrico y tracción en Keokuk y en los Ayuntamientos próximos.

H.

El vigésimo aniversario del motor Diesel

POR

AIME WITZ (1)

El motor Diesel acaba de cumplir su vigésimo aniversario.

En efecto, fué en 1893 cuando el Ingeniero Dr. Rodolfo Diesel hizo aparecer su docto trabajo, titulado «Teoría y construcción de un motor térmico racional destinado á sustituir la máquina de vapor y las otras máquinas de fuego conocidas hasta hoy día».

El autor de este importante estudio teórico y práctico declaraba que los motores de aire caliente y de gas detonantes ponían en ejecución principios erróneos, y que no había que esperar ninguna ventaja conducente á resultados más favorables, mientras se aplicaran estos principios. El autor formulaba leyes nuevas y presentaba un tipo de máquina que debía, según él, reducir el consumo de combustible al mínimo que el estado actual de la ciencia permitía entrever.

Génesis de la idea y primeros ensayos.—Después de esta primera exposición de sus ideas, el eminente Ingeniero cuenta la génesis de sus proyectos y los principios de su obra; cuando seguía en el «Polytechnikum» de Munich las lecciones de termodinámica del profesor Linde, el joven estudiante había escrito en el margen de su cuaderno estas palabras, que después habían de ser su

programa: «Buscar, si es posible, realizar una isoterma»; esta realización debía permitirle establecer una máquina térmica según un ciclo de Carnot, de rendimiento máximo. Su espíritu ingenioso se fijó en el siguiente medio de ejecución; comenzar el ciclo por una compresión adiabática de una carga de aire puro, cuya temperatura se elevara así al nivel de la temperatura superior del hogar; si entonces se inyectaba el combustible, éste se quemaría manteniendo constante esta temperatura en el curso de la expansión isoterma, constituyendo la segunda fase del ciclo de Carnot; una expansión adiabática formaría la tercera fase, etcétera. Estas ideas fueron maduradas largamente por el joven Ingeniero durante los quince primeros años de su carrera.

Estas reflexiones le condujeron á fijar más especialmente su atención sobre el régimen de combustión que convenía realizar para obtener el mejor rendimiento, y sacó las siguientes conclusiones: La temperatura del aire desarrollada por la primera compresión adiabática debe ser muy superior á la temperatura de inflamación del combustible empleado, y conviene, no solamente para el mejoramiento del rendimiento del ciclo, sino que también para asegurar una combustión completa, que esta compresión sea lo más fuerte posible. Por otra parte, se introducirá este combustible gradualmente y muy dividido en el aire, muy comprimido y recalentado, á fin de que se queme progresivamente y enteramente á medida de su admisión. De esta regla resulta un corolario: Como un combustible no puede arder sino después de haber sido gasificado, esta transformación en vapor será instantánea y su combustión se efectuará en el cilindro con una presión y temperatura constantes, empujando el pistón hacia adelante en la primera fase de expansión del ciclo. Vaporización y combustión se operarán en el cilindro motor y no se tendrán que añadir á la máquina motriz los vaporizadores y gasógenos ordinariamente empleados; el funcionamiento, siendo de cuatro tiempos, la máquina será rigurosa y estrictamente de combustión interna; numerosas causas de pérdidas serán suprimidas, dando lugar á un mejor rendimiento; se podrán utilizar toda clase de combustibles gaseosos, líquidos ó sólidos, con tal que estos últimos sean finamente pulverizados.

No era bajo esta forma como el inventor presentaba al lector el conjunto de ideas y razonamientos que le habían conducido y guiado á la creación de su motor; pero sus conclusiones eran las que acabamos de bosquejar. Su notable Memoria terminaba por un *exegi monumentum* que el Marqués de Worcester habría suscrito y que testimoniaba una confianza absoluta en el resultado.

Sus proyectos de realización habían tomado ya bastante cuerpo para que fuera posible ampararlos con una patente alemana núm. 67.207, que lleva la fecha 14 de Enero de 1893. Una lámina de la Memoria representa la máquina tal como la había concebido el autor. Era del tipo vertical, llamada de pilón, llevando dos cilindros de combustión y un tercero de expansión de mayor diámetro; el conjunto constituía una disposición Compound que aseguraba una expansión completa. El pistón del cilindro mayor trabajaba á expansión por una cara y á compresión por la otra; la conjugación con los pequeños cilindros era alternativa á fin de obtener una impulsión motriz á cada vuelta del volante. Los pequeños cilindros gemelos funcionaban á cuatro tiempos; la compresión era de 250 atmósferas, teniendo que desarrollar las más altas temperaturas, necesarias para producir una combustión completa del combustible y asegurar un rendimiento notable. La confianza de M. Diesel estaba, pues, justificada; no era prematura, sino consciente de la grandeza de su obra.

En resumen, él presentaba al público un motor de combustión de cuatro tiempos, de alta compresión, que se hacía posible por la circunstancia de comprimir previamente el aire hasta la

1) Trabajo publicado en *La Technique Moderne* y *La Energía Eléctrica*.