

La máquina producía un esfuerzo de tracción de 14 toneladas; el diámetro de las ruedas es de 1,755 metros.

La máquina se condujo á su potencia máxima, mateniéndose la velocidad normal para cada trayecto con un 10 por 100, próximamente, de tonelaje suplementario, con relación á los trenes remolcados habitualmente por máquinas semejantes, quemando carbón sobre rejilla. La sección de la tobera de escape estaba aumentada en un 25 por 100. A la velocidad máxima, la presión del vapor se mantenía con el inyector abierto.

Con carbones que contenían más azufre (núm. 1) y más cenizas (núm. 3), había menos de 10 decímetros cúbicos de residuos en el cenicero al fin de cada trayecto.

Todavía cita el autor otros ensayos hechos con diferentes locomotoras, de los que tenemos que prescindir por su mucha extensión.

### Nuevas instalaciones en las grandes estaciones centrales de los Estados Unidos.

M. K. Sosnowski acaba de dar dos interesantes conferencias; una en la Sociedad francesa de Electricistas, otra en la Sociedad de Ingenieros civiles, en las cuales ha puesto de manifiesto los progresos realizados, en el transcurso de estos últimos años, en las más importantes y potentes instalaciones de las estaciones centrales eléctricas de los Estados Unidos; vamos á dar una idea de aquéllas resumiendo para ello un artículo de M. A. C. publicado en *Le Génie Civil*.

**CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES CENTRALES TÉRMICAS.**—Entre estas características señalaba M. Sosnowski, desde 1916:

El aumento de la potencia unitaria de los grupos electrógenos que ha pasado, en diez años, de 5.000 á 35.000 kilovatios.

El aumento de su velocidad, elevada de 750 á 3.000 vueltas por minuto, para las unidades que exceden de 10.000 kilovatios.

El aumento de la potencia unitaria de las calderas, que pasa de 8.000 á 60.000 litros de agua evaporada por hora.

El aumento de la presión, de 6 á 18 kilogramos por centímetro cuadrado.

El aumento del recalentamiento; elevándose la temperatura del vapor hasta 350° C.

La recuperación de las calorías perdidas por radiación de los aparatos y tuberías de vapor.

Sobre todos estos puntos hay en la actualidad un progreso bastante notable: se encuentran grupos de 30.000 á 50.000 kilovatios, velocidades de 1.500 vueltas, considerables para unidades de esta importancia, presiones de vapor de 24 kilogramos por centímetro cuadrado, recalentamientos correspondientes á casi 400° C.

**Turbinas de Laval.**—Es interesante también señalar los grupos electrógenos de engranajes de Laval. Gracias a estos reductores, las velocidades de las turbinas y generatrices pueden fijarse en los valores más convenientes para cada uno de estos aparatos.

Sabido que se hacen corrientemente engranajes para 10.000, 20.000 y aun más caballos; se pueden constituir conjuntos de esta naturaleza para toda clase de potencias. Así es como se han construido las turbo-bombas elevadoras de agua de Laval, varias de ellas de 1.500 á 2.000 caballos instaladas en las fábricas elevadoras de agua de Pittsburg, Filadelfia, Cleveland, etc. Está en estudio un grupo de 5.000 caballos, que será el grupo elevador más potente que se haya ideado. Los rendimientos son muy elevados y los consumos de vapor del orden de 5,8 kilogramos por caballo-hora en agua elevada.

**Rendimientos térmicos.**—Por rendimiento térmico—dice el autor—entendemos la inversa de la relación entre la energía calorífica del combustible y la energía eléctrica suministrada á partir de la estación. Como progresos realizados desde el punto de vista de los rendimientos térmicos, se llega en la actualidad á 19 por 100 lo que corresponde á un consumo de 18.000 B. T. U.

(unidades térmicas inglesas), ó sean 4.535 calorías por kilovatio-hora.

En resumen, el consumo de las grandes unidades ha disminuido en 50 por 100, su peso en 70 por 100 y su precio en 60 por 100 por kilovatio.

En cuanto al desarrollo de las estaciones centrales diremos que el coste de la energía eléctrica suministrada por las centrales de Chicago no era más que de un millón de dólares en 1915, llegando á 37 millones en 1918.

Tratando hora de las centrales hidráulicas, debe señalarse como una de las más potentes estaciones hidroeléctricas la de la Laurentide Power C.<sup>o</sup>; actualmente tiene seis unidades de 17.500 kilovoltamperios, que van á completarse con tres nuevas que elevarán la potencia total á 157.500 kilovoltamperios.

Se citan unos turbo-alternadores trifásicos de eje vertical, construídos para la Niágara Power C.<sup>o</sup>, de 32.500 kilovoltamperios, 35 períodos, 12.000 voltios, á 150 vueltas por minuto, y se vislumbra la construcción de grupos de turbinas hidráulicas verticales, acopladas á alternadores trifásicos, 25 períodos, 12.000 voltios, de 44.000 kilovoltamperios, á 187 vueltas por minuto.

**INTERCONEXIÓN ENTRE LAS REDES.**—La crisis del carbón y de los transportes han decidido á los americanos al estudio práctico de la interconexión de las redes eléctricas y de las fábricas. Su ventaja es evidente, puesto que ciertas fábricas tienen á ciertas horas una reserva de energía inutilizada, mientras que otras fábricas tienen una carga diferente y que puede exceder á sus reservas.

La Boston Edison C.<sup>o</sup> y la New England Power C.<sup>o</sup> proceden ya al establecimiento de una línea de interconexión á alta tensión, que costará 620.000 dólares, pero que deben permitir á los interesados cambiar 15.000 á 20.000 kilovatios, entre una central de vapor y una fábrica hidroeléctrica.

La Eastern Massachusetts Electric C.<sup>o</sup>, gastando 305 000 dólares para unir las fábricas de Salem, Malden y Revere, ha economizado desde el primer ejercicio más de 50.000 dólares de carbón.

En el Estado de Nueva York, seis Compañías han hecho un ensayo de interconexión entre sus fábricas hidráulicas y de vapor, que les ha permitido obtener una economía mensual de 5.000 toneladas de carbón.

**TRANSPORTES DE ENERGÍA Á 150.000 VOLTIOS.**—La instalación Bishop-San Bernardino (California), de la Southern Sierras Power C.<sup>o</sup>, fué la primera (1913) establecida á la tensión de 150.000 voltios, en una distancia de 400 kilómetros. Después vino la primera parte de otra instalación californiana (Big Creek-Los Angeles), utilizando la misma tensión.

Más recientemente, la Aluminium C.<sup>o</sup> of America, de Marysville (Tennessee) ha emprendido la realización de una distribución de energía á 150 000 voltios, que llevará ulteriormente sobre 350.000 kilovoltamperios.

La línea de transporte atraviesa una región montañosa y se encuentran en su recorrido, nueve tiradas de gran vano, de una longitud media que excede de 1.500 metros.

Muchas de estas líneas, y principalmente las de Bishop-San Bernardino y de Big Creek Los Angeles, se han establecido de aluminio, ya bajo la forma de una aleación aluminio-cobre, ya bajo forma de cable aluminio-acero.

**GRUPOS TURBO-ALTERNADORES DE POTENCIAS MUY GRANDES.**—Vamos á describir un grupo de 50.000 kilovatios, instalado en Detroit (Michigan); después otro más potente todavía (60.000 kilovatios), pero en el cual esta potencia se obtiene por la asociación íntima y la dependencia mutua de tres unidades turbo-alternadores de menor importancia.

En el primer grupo, la turbina, que gira á 1.200 vueltas por minuto, gobierna directamente un alternador trifásico, 60 períodos, 12.200 voltios, unido directamente á un transformador-elevador (de 12.200 á 24.400 voltios) notable á causa de su potencia excepcional y de sus rendimientos elevados (99,4 por 100 á plena

carga; 99,5 por 100 á tres cuartos y semicarga; 99,3 por 100 á cuarto de carga) debidos principalmente al montaje de sus devanados según el principio de lo que los americanos llaman el «compensador» y que en Europa se denomina el auto-transformador.

Los dos aparatos no forman en cierto modo más que uno solo, cuya producción está gobernada por el interruptor montado sobre el punto 24.000 voltios del transformador.

La excitatriz del alternador está directamente á final de árbol, con devanado inducido unido directamente al circuito inductor del alternador, sin reóstato de regulación interpuesto. Solamente actuando por reóstato sobre el campo de la excitatriz es como se regula la excitación y el voltaje del alternador de 50.000 kilovatios.

El condensador de este grupo, de construcción nueva, tiene una superficie tubular de 6 300 metros cuadrados en tubos de una longitud de 7,32 metros. El agua pasa por los tubos en un solo sentido.

La envolvente está ampliamente proporcionada con relación á estos tubos, lo que permite regular muy favorablemente la circulación del vapor. La posición excéntrica dada al haz de tubos en el interior de la envolvente deja en el fondo del condensador un espacio vacío en forma de media luna, dispuesto para que una parte del vapor de escape de la turbina llegue sin condensarse y, formando volante de calor, impida á la temperatura del agua condensada caer hasta un valor demasiado pequeño. Con el mismo objeto, se cuenta poner fuera de servicio, en invierno, los tubos inferiores del condensador.

Nuevas calderas, de un tipo particular, de dimensiones notablemente inferiores á las de las calderas en servicio, se han instalado recientemente. Su presión de funcionamiento llega á 17,5 kilogramos por centímetro cuadrado; el grado de recalentamiento es de 110 á 125° C., por encima del vapor saturado.

El segundo grupo, de 60.000 kilovatios (fig. 1.ª, plano; 2.ª, elevación; 3.ª, vista lateral), construido por la Sociedad Westinghouse y capaz de suministrar aún 70.000 kilovatios durante

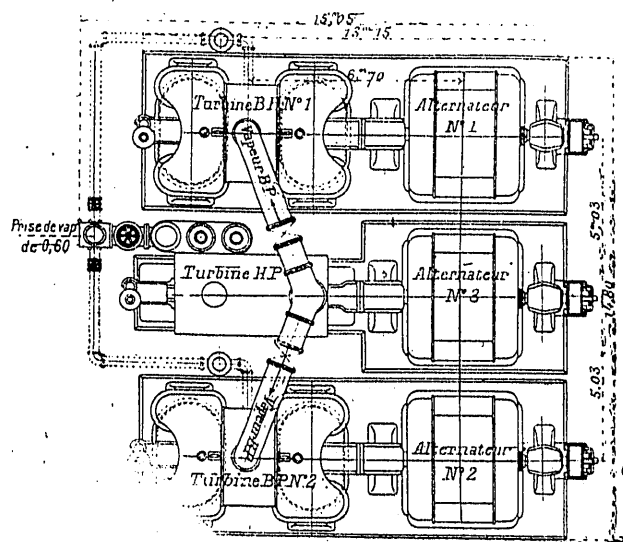


Fig. 1.ª

dos horas, ha sido instalado por el Interborough Rapid Transit Railway (metropolitano subterráneo) en su fábrica de la calle 74ª de Nueva York.

Comprende una turbina de alta presión y dos de baja presión acoplándose directamente cada elemento á su propia generatriz y uniéndose los tres eléctricamente. El vapor pasa enteramente por el elemento de alta presión, después de lo cual se divide en dos corrientes que pasan por los dos elementos de baja presión.

Esta división en tres elementos presenta, según los constructores, numerosas ventajas; las grandes piezas son menos voluminosas, menos pesadas, más fáciles de construir y manejar; las diferencias de temperatura en cada cilindro son relativamente

menores; el conjunto es mucho más elástico que en el caso de una sola gran unidad.

Si bien este grupo tiene tres elementos separados, el sistema de arranque de las turbinas antes de su sincronización es esencialmente el mismo que en el caso de un grupo de un solo árbol.

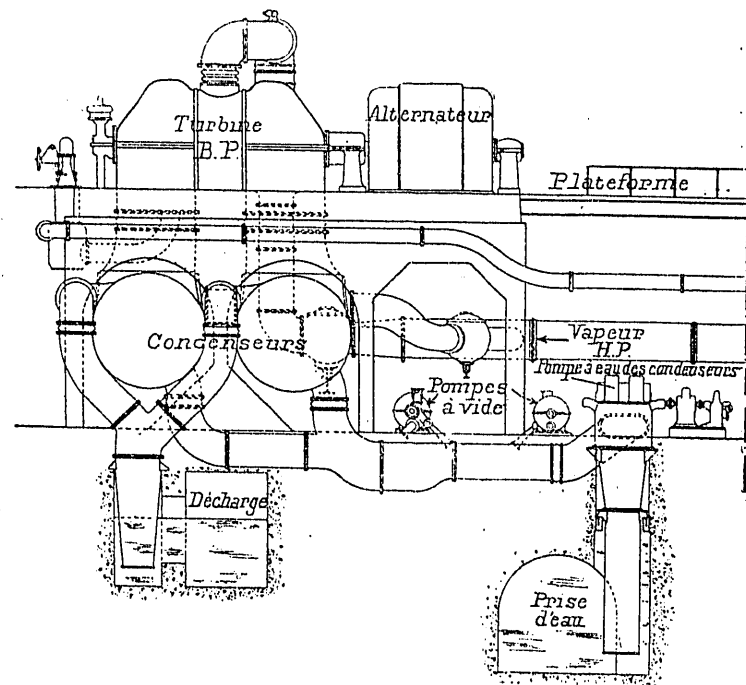


Fig. 2.ª

cialmente el mismo que en el caso de un grupo de un solo árbol.

Por un ingenioso sistema de regulación, cada elemento puede ponerse en marcha aisladamente. Por ejemplo, si la turbina de alta presión debe ponerse fuera de servicio, cada turbina de baja presión recibe automáticamente el vapor de alta presión directamente de las calderas, á través de un sistema especial de alta presión, mientras que en marcha normal no recibe vapor de alta presión.

Por el contrario, si las dos turbinas de baja presión son las que quedan fuera de servicio por una causa cualquiera independiente de la turbina de alta presión, esta última continúa trabajando comunicándose automáticamente con la atmósfera; pero tan pronto como la turbina de baja presión vuelve á po-

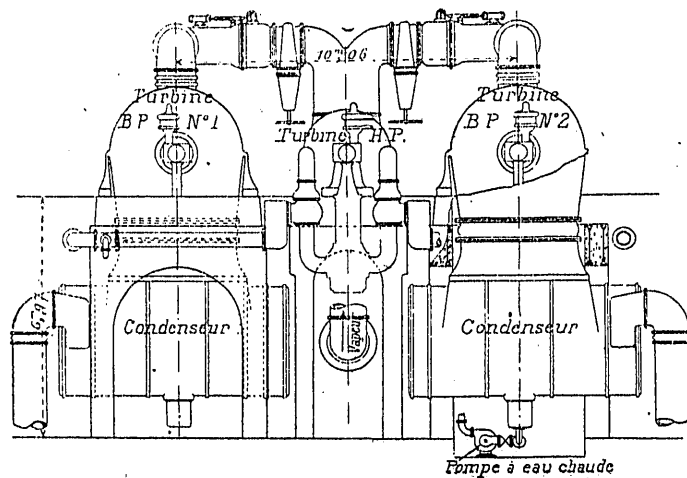


Fig. 3.ª

nerse en marcha la turbina de alta presión vuelve á ponerse en comunicación con ella. Todas estas operaciones son enteramente automáticas.

La carga de 60.000 kilovatios se divide igualmente entre los tres elementos, de modo que un solo elemento de baja presión, trabajando con vapor de alta presión, puede desarrollar una carga de 30.000 kilovatios durante media hora, del mismo

modo que el elemento de alta presión, en unión con un elemento de baja presión, puede desarrollar continuamente 40.000 kilovatios.

Se puede formar una idea de la potencia del grupo, por la indicación de que ocupa una superficie de  $14 \times 15$  metros y que necesita 340 000 kilogramos de vapor por hora para suministrar á plena carga.

Desde el punto de vista de la corriente del vapor, el elemento de alta presión es de flujo único. El elemento de baja presión es de flujo semidoble. El vapor entra en medio del cilindro y se dirige, á través de una porción de los álabes, en la misma dirección. En seguida se divide y una mitad continúa en la misma dirección hasta el condensador, mientras que la otra mitad se dirige, en una dirección opuesta, á través de un paso que rodea los pisos de flujo simple, y de aquí, á través de los álabes de baja presión, hasta el condensador.

El elemento de alta presión contiene cincuenta filas de álabes, siendo la altura de la primera de 100 milímetros y la de la última de 225 milímetros.

Para soportar el peso del rotor se necesitan cojinetes de 250 milímetros de diámetro, lo que corresponde á una velocidad tangencial de 20 metros por segundo.

Vista la alta temperatura del vapor á la llegada, el cilindro de la turbina de alta presión es de acero colado.

El tubo que lleva el vapor de escape de la turbina de alta presión á la turbina de baja presión tiene un metro de diámetro.

Cada elemento de baja presión contiene 44 filas de álabes. La altura de la primera es de 150 milímetros y la de la última de 375 milímetros. En este elemento, el diámetro de los cojinetes es de 300 milímetros, por ser más pesado el rotor; la velocidad es de 23,50 metros por segundo.

Dada la posibilidad, para esta turbina de baja presión, de bajar accidentalmente con el vapor á alta presión, y, por consecuencia, á alta temperatura, la parte central del cilindro se ha hecho de acero colado.

Para asegurar un buen vacío, se ha recurrido á cuatro condensadores: dos para cada turbina de baja presión. La superficie refrigerante es de 9.000 metros cuadrados.

Se ha establecido el grupo para funcionar con vapor á 15 kilogramos por centímetro cuadrado á  $282^{\circ}$  C. y con un vacío de 96 por 100.

A la carga de 40.000 kilovatios, que es la más económica, la presión de escape de la turbina A. P. á la turbina B. P. de 2 kilogramos por centímetro cuadrado y la temperatura  $120^{\circ}$  C.; en esta última el vapor se dilata á la presión del condensador, es decir, 25 milímetros de mercurio y la temperatura es de  $26^{\circ}$  C. El consumo de este grupo es de 4,76 kilogramos por kilovatio-hora.

Gracias á estas notables instalaciones, la Compañía puede ceder corriente á la Brooklyn Rapid Transit C.º á precios extraordinariamente baratos.

Sobre la base de 0,7 céntimos (ó sean 3,5 céntimos el par) es como se vende el kilovatio-hora de corriente trifásica á 11.000 voltios, y sobre la base de 0,825 céntimos el kilovatio-hora de corriente continua, bajo ciertas condiciones de carga, de consumo anual y de precio de carbón (siendo la base 36 francos por tonelada).

*Automatismo y gobierno á distancia en las subestaciones y fábricas generadoras.*—Se llega á gobernar á distancia y aun hacer automáticamente las operaciones de puesta en marcha, puesta en carga y parada de las conmutatrices de una subestación, que se habían considerado, hasta estos últimos años, necesitada de un personal permanente.

Por medio de relés y de contractores se pone en servicio total ó parcialmente la subestación cuando la carga lo exige y se para del mismo modo cuando es necesario.

A los aparatos que gobiernan y ejecutan estas maniobras es necesario añadirles aparatos de seguridad, tanto más perfectos

cuando no hay ningún personal en aquel sitio para vigilar los accidentes.

El interés evidente de las subestaciones automáticas es reducir ampliamente los gastos de personal (en general en un 60 por 100); pero otras muchas ventajas se derivan prácticamente de este hecho, porque la supresión del personal permite realizar de una manera más racional el conjunto de las instalaciones que comprende la red: por un fraccionamiento más reducido de la energía distribuída, por una multiplicación de los centros de distribución, por una menor carga y una mejor regulación del voltaje en cada uno de estos centros, por una economía de cobre en los *feeders*, en fin, por medidas más eficaces contra las corrientes vagabundas.

La experiencia de la explotación ha demostrado, además, la importancia de las economías que se realizan sobre la marcha á carga reducida de las máquinas, pudiendo los relés determinar la parada de cada máquina, es decir eliminar las pérdidas en vacío de esta unidad, cuando la carga reducida no justifique ya el que se la mantenga en servicio.

La Des Moines City Railway C.º reconociendo, en 1916, el interés que había en instalar así sus 10 subestaciones de conmutatrices, ha quitado 500.000 francos de cobre de su antigua red de *feeders*, y realizado una economía de 700.000 francos.

La Columbus Railway C.º ha aplicado los mismos principios al gobierno á distancia de una conmutatriz de 500 kilovatios, á 60 períodos. Es por una disposición de vibrador telefónico como se anuncia la inminencia de las cargas sobre la subestación al operador que debe gobernar la subestación á distancia.

La Long Island Railroad C.º es la primera respecto á potencia unitaria para las subestaciones móviles, con un vagón subestación que contiene una conmutatriz de 1.500 kilovatios, á 650 voltios, 25 períodos, y todos sus accesorios: en tanto que el Chicago, North Shore and Milwaukee Railroad ocupa el primer lugar respecto al número, con una subestación móvil y cuatro subestaciones automáticas que le han procurado una economía de *feeders* de 650.000 dólares.

Los principios de gobierno á distancia y del automático han encontrado su aplicación á las generatrices, porque en Cedar Rapids funciona una fábrica hidroeléctrica que ya hemos descrito en esta REVISTA, cuyos tres grupos alternadores están bajo la doble dependencia del gobierno á distancia y del gobierno automático. La fábrica hidroeléctrica de Cedar Rapids está á 1.200 metros de una central de vapor, y unos relés amperimétricos ponen en marcha tantos grupos hidroeléctricos como exige el estado de la carga y permiten las disponibilidades de agua del depósito de carga de las turbinas. Así se regula el funcionamiento normal, llevándose la carga preferentemente por los grupos hidroeléctricos de Cedar Rapids más bien que por los grupos de vapor de la fábrica principal. Pero, en caso de necesidad, el gobierno á distancia, que parte de un cuadro especial que reúne, en la fábrica de vapor, los aparatos de medida y de registro de la fábrica hidráulica, reemplaza al gobierno automático: un sencillo botón que se oprime en la fábrica principal detiene, á voluntad de su personal, los grupos hidroeléctricos de la otra fábrica.

### La tarificación de la energía eléctrica con relación al factor de potencia del abonado.

Estudio de M. P. Boucherot, publicado en la *Revue Générale d'Electricité*, en el que se trata de la tarificación de la energía eléctrica teniendo en cuenta la energía reactiva. El autor muestra que no sería hábil, ni equitativo hacer pagar la energía aparente, que es casi exclusivamente la potencia reactiva del abonado que actúa sobre las diversas cargas financieras y gastos de la red, y, en fin, que existe un medio sencillo y fácilmente aplicable á los contadores actuales para tener en cuenta esta potencia reactiva del abonado.