

Las modernas locomotoras a vapor de los Estados Unidos

POR

E. LASSUEUR, de Noyon

(Traducido de la revista suiza *Schweizerische Bauzeitung*, de Zürich)

El aumento constante de las dimensiones de las locomotoras, principalmente en los Estados Unidos, ha conducido a máquinas de tales proporciones, que muchos ingenieros competentes piensan que el límite ha sido ya prácticamente alcanzado. Por diversas razones, durante los últimos años, las exigencias del tráfico moderno han obligado a las compañías a introducir tipos de locomotoras capaces de suministrar una potencia considerable. Así, para el servicio de carga, los tipos de carros más recientes, cuyo peso en servicio alcanza a más de 125 toneladas, han llegado a duplicar el peso de los trenes sin aumentar el número de carros, lo cual constituye una ventaja importante para el manejo de los frenos. Para el servicio de pasajeros, ha sido el empleo de los coches de acero, cada día más aceptados, lo que ha permitido un aumento considerable de peso en los coches, cuyos últimos tipos pasan ya de 80 toneladas.

Para aumentar las dimensiones en las locomotoras, se requiere poder aumentar su longitud, lo cual conduce forzosamente a un aumento en el número de los ejes, necesario también para hacer posible la utilización del mayor peso adherente. A pesar del mayor número de ejes acoplados, las cargas sobre ellos resultan elevadas, llegando para algunas locomotoras a exceder de 30 toneladas.

La adopción de largos calderos y de locomotoras largas, ha exigido resolver numerosas complicaciones. Las nuevas máquinas exigen un cuerpo de calderas hasta de 15 m de longitud y se ha llegado a la creación de cámaras de combustión que se prolongan por delante de la caja de fuego a fin de utilizar los grandes espacios libres. La mayor longitud de los tubos que no ha pasado de 7,30 m.

El hogar está separado de la caja de fuego, propiamente dicha, por una pared vertical y una bóveda de ladrillos que obligan a los gases combustibles a seguir un camino prolongado al interior del hogar antes que ellos hayan alcanzado la pared tubular. El empleo de la bóveda de ladrillos en los hogares ordinarios, se ha hecho general para todas las locomotoras de construcción reciente. Los ladrillos que forman la bóveda son frecuentemente, soportados por tubos que

ligan las dos extremidades del hogar, de abajo arriba, asegurando a la vez una buena circulación del agua.

La parte delantera de la caldera, es utilizada también por los recalentadores del agua de alimentación, secadores y recalentadores de vapor. La existencia de estas diversas aplicaciones, es precisamente debida al espacio disponible originado por el aumento de la longitud, espacio que no existía en las locomotoras antiguas.

Conjuntamente con el aumento de las dimensiones, puede ser realizado el aumento de la potencia, gracias a los perfeccionamientos indicados, tendientes todos al mismo fin: realización del máximo de rendimiento con el mínimo de gasto.

El empleo del vapor recalentado es la innovación más importante que ha experimentado la locomotora a vapor: permite realizar una fuerte economía de combustible, y su aplicación contribuye directamente al aumento del rendimiento de la máquina.

Será suficiente para demostrar los resultados obtenidos con el recalentador Schmidt, manifestar que la casi totalidad de las locomotoras nuevas (más de 15 000 en los Estados Unidos, son equipadas con este sistema.

Los recalentadores del agua de alimentación, son empleados, sobre todo, en las locomotoras articuladas de largo caldero, donde se dispone del espacio necesario; la parte delantera es utilizada para extraer el calor de los gases en su última pasada en la caldera, en forma de obtener para el agua la temperatura de ebullición, antes que ella sea lanzada a la caldera propiamente dicha. Aún cuando el empleo de este dispositivo ha sido limitado a las locomotoras Mallet, los resultados obtenidos en Europa durante los últimos años, justifican un movimiento de opinión en favor del recalentador del agua de alimentación con vapor del escape. Contrariamente al primer sistema, que consiste simplemente en recalentar el agua bajo la acción directa del calor del hogar, este aparato permite recuperar una parte del calor perdido en el vapor del escape para ser enviado a la caldera bajo la forma de agua caliente.

Según las últimas experiencias hechas con este aparato, se puede obtener una economía de calor que alcanza a un 8%. Esta cantidad de calor forma, pues, un ciclo completo.

El recalentador, propiamente dicho, colocado generalmente debajo de la caldera, es formado por un recipiente de fundición de forma cilíndrica o rectangular que contiene un haz de pequeños tubos de bronce colocados como en una caldera tubular y al través de los cuales el vapor pasa sucesivamente. Tomado en las cajas de escape de las válvulas de distribución, es llevado por un tubo al aparato desde donde se escapa en seguida en forma de agua de condensación, después de haber comunicado su calor al agua introducida entre los tubos, al contacto de los cuales su temperatura se eleva hasta 85 y 100°. La cantidad de vapor así sustraída que representa alrededor de la 1/7 parte del vapor del escape, es determinada por la sección del tubo que lo conduce al recalentador. Para activar la combustión, esta pérdida es compensada reduciendo ligeramente la sección del

tubo del escape. El agua caliente es enviada a la caldera por la acción de una bomba de alimentación que funciona de la misma manera que una bomba de aire westinghouse. El vapor del escape de estas bombas es igualmente conducido al recalentador.

Una gran ventaja debida al empleo de este aparato, es la mejor utilización de la superficie de calentamiento y la alimentación de la caldera resultante de la introducción regular y continua del agua caliente. En Europa, donde estos recalentadores están en uso desde hace varios años, especialmente en los ferrocarriles del Estado Prusiano, la economía de combustible realizada es, en término medio, de un 10° o.

Es un hecho reconocido experimentalmente, que un fogonero no puede, en el ejercicio regular de sus funciones, cargar en la caja de fuego más de tres toneladas por hora.

La resistencia física limitada de un fogonero ha debido, por consiguiente, considerarse como un obstáculo para el desarrollo de una gran locomotora. En las condiciones ordinarias, la locomotora a vapor saturado que desarrolla 1 HP. con un gasto de 1,80 a 2,20 kg de carbón por hora, exigiria, para 1300 H.P., tanto carbón que no podría abastecerlo un hombre solo. En las grandes locomotoras se ha llegado a emplear dos, o se han instalado cargadores mecánicos, que por sí solos han permitido alcanzar las dimensiones extremas de las máquinas que quemaban únicamente carbón ordinario.

El cargador mecánico (stoker) más generalizado es el de sistema Street; introducido en 1912, ha encontrado aplicación en más de 1500 grandes locomotoras (450 en 1916), pertenecientes a más de 27 compañías. El carbón triturado contenido en los paños del tender, después de haber pasado a través de una parrilla accionada mecánicamente, cae en un hoyo de forma triangular situado bajo la pared inferior, de donde es arrastrado por un tractor de hélices hasta la puerta del fogón; de ahí es arrastrado por una cadena sin fin semejante a la de una draga, hasta la parte superior del fogón donde es distribuido en tres tubos, de los que uno lo lleva al centro, por encima de la puerta del fuego, y los otros dos a ambos lados de la pared, detrás del fogón, al interior del cual es arrojado y repartido por un chorro de vapor. La intensidad de la alimentación está regulada por el número de rotaciones del mecanismo que arrastra la cadena sin fin y el impulsor, que funciona a siete velocidades diferentes. Este aparato permite introducir en el fogón tanto carbón cuanto se pueda consumir.

Además, el trabajo del fogonero queda considerablemente reducido, no teniendo ya otra preocupación que la atención del mecanismo y la vigilancia del fuego.

En las zonas petrolíferas, como Texas y California la hulla ha sido reemplazada con ventaja por el *combustible líquido*, siendo el poder calorífico del *aceite bruto* (mazout) cerca de un tercio más elevado que el de la hulla. Se le emplea preferentemente en recorridos difíciles, de fuertes gradientes, que exigen

un gran esfuerzo de tracción; su empleo es igualmente apropiado en los túneles largos y en líneas próximas a centros de población, en razón de la ausencia de humo.

Otra ventaja es la sencillez del encendedor y la facilidad de mantener el fuego. No obstante, la obligación de conservar las provisiones de aceite para otros usos, diversos del de la producción de vapor, es la causa de la limitación de su empleo en las locomotoras.

Al contrario, el empleo muy reciente del *combustible pulverizado* ha dado ya resultados de lo más interesante. Este nuevo sistema, que permite la combustión completa de las moléculas de carbón, obtenida por la presencia de aire en cantidad suficiente, presenta además importantes ventajas, entre otras: eliminación del humo del hollín, de la ceniza y reducción de los gastos como consecuencia de la utilización más racional del combustible.

La cantidad de vapor exigida por las locomotoras a gran velocidad, necesita un grado de evaporación muy elevado, el que no puede ser alcanzado más que por la intensidad de la combustión, lo que es plenamente realizado con el empleo del carbón pulverizado. Pudiendo ser graduada o interrumpida la llama a voluntad, el combustible se inflama sólo para producir un trabajo efectivo; desde que la máquina entra en reposo, o en cuanto la presión del vapor llega a un grado suficiente, la combustión se reduce o suspende. El calentamiento con carbón pulverizado permite también emplear los carbones de calidad inferior y los productos secundarios de las minas, lo que constituye una ventaja económica considerable. Finalmente, es muy recomendado porque aumenta el rendimiento de las líneas, reduciendo la paralización de las máquinas y el tiempo que requiere la limpia de los fuegos, como también por el alejamiento del hollín de los tubos y de la caja de humo.

El alargamiento de los *chassis* en proporción al de la caldera se ha facilitado con el empleo del *acero al vanadium*, que ha permitido fabricar de una sola pieza fundida, chassis de alta resistencia y de peso mucho menor que los hechos de planchas de acero o de fierro laminado. Este metal se emplea igualmente con éxito para muchas otras piezas fundidas, lo que entraña una sensible reducción de peso con relación a la fundición ordinaria.

Con las cajas de distribución de grandes dimensiones y de peso elevado, especialmente en las locomotoras articuladas de cuatro cilindros y de doble mecanismo motor, la inversión de marcha exige un esfuerzo físico tal que resulta casi imposible de realizar por un hombre solo. Esto es lo que ha llevado a utilizar un dispositivo de *inversión de marcha de aire comprimido*. El sistema Ragonnet, que ha dado los mejores resultados, se emplea hoy día en casi todas las nuevas locomotoras.

I. LOCOMOTORAS PARA TRENES DE CARGA

Las primeras locomotoras empleadas para el servicio de carga fueron máquinas de tres ejes acopladas y un eje portante hacia adelante; este tipo (1 C) ha recibido el nombre de «*Mogul*». Actualmente estas máquinas, por decirlo así, han desaparecido completamente de las grandes líneas; se las emplea hoy día para trenes livianos, en líneas secundarias.

La figura 1 (lámina I) representa una de las raras máquinas «*Mogul*» de construcción reciente, proyectada desde todo punto de vista, de acuerdo con los adelantos modernos. Esta máquina es de dos cilindros iguales y a vapor recalentado. Sus dimensiones principales aparecen en la tabla adjunta.

La caldera es del tipo *straight-top* (recto) y construida en planchas de acero de 19 mm. Las válvulas de distribución se gobiernan por la distribución Baker, compuesta de un sistema de palancas dispuestas de manera de eliminar correderas o excéntricas; su construcción es muy sencilla y su precisión muy grande. Este sistema ha encontrado desde hace algunos años un empleo siempre creciente y más de 4000 locomotoras nuevas están provistas de él.

Con el agregado de un eje acoplado atrás, con objeto de aumentar la potencia, el tipo *Mogul* se ha transformado en «*Consolidation*» (1 D). Durante largos años, esta máquina fué el tipo *normal* de las locomotoras de carga, y hoy todavía se construye, para trenes que no exigen una máquina de mayor potencia. La figura 2 (lámina I) representa una máquina de este tipo construida en 1916 en los talleres de Schenectady de la «*American Locomotive Company*» (ver datos en la tabla adjunta).

Esta locomotora presenta un interés particular desde varios puntos de vista: es la más potente de este tipo entre las existentes hoy en el mundo, y excede por su fuerza de tracción, a la mayor parte de las más grandes locomotoras, del tipo *Mikado*; la carga media de 30,3 toneladas soportada por los ejes acoplados excede al límite admitido por la mayor parte de las compañías.

Esta máquina realiza el máximo de potencia que se puede pedir al tipo «*Consolidation*». Es, al mismo tiempo, una de las primeras máquinas que emplean el combustible pulverizado.

El combustible (antracita o hulla bituminosa), previamente secado y molido, es almacenado en un estanque enteramente cerrado situado en la parte anterior del tender. De ahí es arrastrado por las hélices de un tractor hasta las válvulas de aire donde se encuentra completamente mezclado al aire comprimido que lo lleva a los tubos, a través del tubo flexible, en las toberas de insuflación desde donde se introduce al fogón en la misma forma que el aceite pulverizado. La llama así producida llega a una temperatura media de 1400 a 1600° C. en la zona de combustión bajo la bóveda de ladrillo dispuesta a través de la caja de fuego, cuya parte inferior es toda de albañilería. La intensidad de la combustión puede

ser fácilmente controlada por la simple maniobra de un grifo. El duro trabajo del fogonero queda también reducido a la vigilancia del fuego y a la alimentación de la caldera. El aire comprimido lo proporciona un tubo compresor montado contra la pared, delante del tender. El enorme tender, de un peso en servicio de 88 toneladas, es soportado por dos bogies. El estanque cerrado que contiene el carbón en polvo está bien visible en la figura.

Contrariamente al uso europeo, en que del tipo «Consolidation» se ha pasado al tipo «Decapod» (1 E), las únicas máquinas con esta disposición de ejes se han puesto en servicio en 1902 por la Atchison Topeka and Santa Fe Railway Co., y desde esa época no se han construido otras. Esto se puede explicar por las razones siguientes: Las cargas considerables admisibles sobre los ejes, ofrecen un peso adherente suficiente, relativamente, a la fuerza de tracción sin que sea necesario acoplar el último eje, lo que no ocurre en Europa, en donde el establecimiento de las vías permiten escasamente excederse de la carga de 16 a 20 toneladas por eje.

La adición de un eje portante en la parte de atrás de una locomotora «Consolidation» ha producido el tipo «Mikado» (1D1), nombre que se le ha dado porque la primera máquina de este tipo fué construida para los ferrocarriles nipones del Japón, en 1897, por la «Baldwin Locomotive Works» de Filadelfia. Varias razones justifican la producción de este tipo; la principal ha debido ser, probablemente, permitir a las máquinas un paso más fácil en las curvas. En otros tiempos, el tipo «Consolidation» fué muy empleado para doble tracción en largas rampas y las máquinas debían volver vacías sin ser invertidas, a fin de quedar prontas para una nueva subida. Pero a causa de la insuficiencia de dirección de las ruedas motrices posteriores, se producían descarrilamientos al pasar por las curvas. El bogie posterior (truck) fué pues introducido sin otra modificación de la máquina. Por la necesidad de aumentar la superficie de parrilla, se vino a utilizar el eje posterior haciéndole soportar enteramente la caja de fuego, que se colocó detrás de las ruedas motrices. La caldera y los tubos resultaron, por este motivo, más largos. Gracias al aumento de la superficie de calefacción así realizado, el tipo «Mikado» se emplea hoy para el servicio de línea, en el que ha suplantado al tipo «Consolidation» para trasformarse en el tipo normal de locomotora de carga. Máquinas de este tipo, con ruedas motrices de un diámetro apropiado, se emplean también por algunas compañías para el remolque de trenes de pasajeros en regiones montañosas.

Un tipo de locomotora «Mikado» de dimensiones medias, está representado por la figura 3 (lámina I). Esta máquina, en servicio en el ferrocarril de Delaware, Lackawanna and Western, representa el tipo corriente empleado por la mayor parte de las compañías en los trenes de carga. La caldera es del tipo *wagon-top*, que posee un ensanchamiento en la parte superior, en la zona de la mayor producción de vapor.

La distribución Baker se efectúa por un dispositivo de inversión de marcha, sistema Ragonnet, que se puede ver fácilmente en la figura 3. Este mecanismo

está basado en el principio del servo-motor empleado para la transmisión de fuerza del regulador a las válvulas de admisión en las turbinas de agua. Basta al maquinista colocar una pequeña palanca en la posición deseada, a lo largo de una escala graduada en % de la admisión de vapor, para que el aparato coloque automáticamente el distribuidor en una posición correspondiente a la de la palanca de mano. Aunque ésta sea maniobrada con un movimiento rápido, el aparato empujará lentamente las bielas de distribución, independientemente de la velocidad con que se haya accionado la manilla del control.

El tipo «Santa Fe» (1E1), derivado lógicamente del tipo «Mikado», por la agregación de un eje acoplado, apareció en 1906 y lo introdujo la Atchison Topeka and Santa Fe R.R. Por la tendencia continua de aumentar las dimensiones de las máquinas, este tipo se ha propagado desde hace algunos años, considerablemente; y la mayor parte de las grandes compañías tienen hoy locomotoras «Santa Fe», en servicio o en construcción. Antes de mucho tiempo, este tipo habrá suplantado al «Mikado», hoy insuficiente.

Con una carga igual sobre las ruedas motrices, estas máquinas pueden desarrollar una fuerza de tracción en un 25% superior a las del tipo precedente. En la mayor parte de las máquinas «Santa Fe», el 80% del peso total es utilizado en la adherencia; siendo el coeficiente de adherencia de cerca de 4, estas máquinas son capaces de producir un esfuerzo de tracción de más de 36 000 kg., conservando una gran capacidad de vaporación, proporcionada al peso adherente.

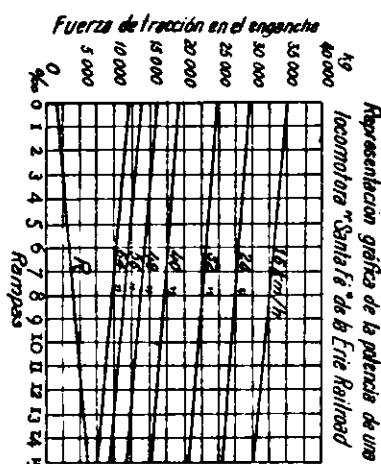


Fig. 4

El diagrama representado por la figura 4, establecido por la Erie Railroad, indica el esfuerzo de tracción calculado para una locomotora «Santa Fe», para diferentes velocidades de marcha en rampas de 1 a 15‰. La curva inferior (R) indica la resistencia de la máquina y del tender. En servicio ordinario, el trabajo representado por este gráfico ha sido sobrepasado sin esfuerzo de la caldera. A pesar de la objeción que se hizo a este tipo, cuando apareció respecto, al considerable marco rígido, que dificultaba el paso por las curvas, la práctica ha demostrado que estas máquinas pasan por las curvas con tanta facilidad como otros tipos de menor potencia. Para obviar este inconveniente, se ha dado a los dos ejes

acoplados extremos un juego lateral suficiente, reduciendo completamente, o aun suprimiendo, en ciertos casos, los bordones de las ruedas motrices centrales.

La locomotora representada en la figura 5 (lámina I) forma parte de una serie construida en 1914 para la Baltimore and Ohio R. R.; por su fuerza de tracción (de 38000 kg.), es una de las más grandes máquinas de este tipo; el

coeficiente de adherencia de 4,05, indica la buena utilización del peso adherente. Las dimensiones son, aproximadamente, las mismas que las de las máquinas de la Erie R. R. (véase el cuadro de más arriba). Las ruedas del eje motor central tienen aros aplanados; todos los ejes motores tienen un juego lateral de 6,3 mm y los anillos de los ejes acoplados extremos se han reducido a 6,3 mm a cada lado. Los chasis o bastidores son de acero vanadium y tienen 152 mm de espesor; la sección posterior es de hierro forjado.

La distribución Walschaerts funciona por un aparato Ragonnet. El fuego es alimentado por un cargador automático sistema Street. El tender, del tipo Vanderbilt, con un estanque de agua cilíndrico, pesa, en servicio, 81 toneladas.

La locomotora del New York, Ontario and Western Railroad, representada en la figura 6 (lámina II), difiere de la precedente, particularmente por sus dimensiones generales más reducidas, aun cuando esta máquina sea de construcción más reciente. Gracias a la poca longitud de la caldera y a la profundidad del fogón, la cámara de combustión ha podido evitarse. La gran flexibilidad del marco rígido se ha conseguido, permitiendo a los dos ejes acoplados extremos un movimiento lateral de 25 mm obtenido por un montaje especial de las cajas de eje. A fin de permitir estos desplazamientos, las bielas de acoplamiento están provistas de articulaciones a rótula.

Con el tipo «Santa Fe» se ha alcanzado al mayor número de ruedas motrices posible en máquinas de separación fija. Aun cuando las locomotoras-tender del tipo 1F1 «Javanic» introducido en 1911 sean empleadas con éxito en los ferrocarriles del Estado de las Indias neerlandesas, en la red de Java (trocha de 1,067 mm), no parece que este tipo se extienda por ahora a las máquinas de trocha normal. Si se requiere un mayor número de ruedas motrices, se hace necesario recurrir a la locomotora articulada.

La primera locomotora articulada, del sistema Mallet, construida en los Estados Unidos, figuró en 1904 en la Exposición Universal de San Luis (1). Esta máquina, del tipo C+C, perteneciente a la Baltimore and Ohio R. R., ha llamado mucho la atención, y desde entonces la locomotora articulada se ha difundido considerablemente; las locomotoras de construcción reciente han alcanzado proporciones verdaderamente excesivas.

(1) Las dimensiones de esta locomotora se encuentran en la página 22 del volumen

LOCOMOTORAS MODERNAS A VAPOR EN LOS ESTADOS UNIDOS —I. LOCOMOTORAS

PARA TRENES DE CARGA

CARACTERÍSTICAS DE LA LOCOMOTORA	Mogol 1 C	Consolidation 1 D	Mikado 1 D 1	Santa Fé 1 E 1	Santa Fé 1 E 1	Duplex- Mallet 1 D+D 1	Triplex- Mallet 1 D+D+D 2	Quadruplex- Mallet 1 D+D+n+D 1
Diámetro de los cilindros. m m	584	685	711	762	711	H.P. 660 B.P. 1016	863 863	685 1041
Carrera de los pistones . . .	711	813	762	813	813	762	813	813
Tipo de la distribución . . .	Baker	Baker	Baker	Walschaerts	Baker	Baker	Baker	
Diám. de las ruedas motr. m m	1600	1600	1625	1475	1450	1320	1420	1525
Base de las ruedas matrices .	4495	5335	5180	6400	6095	12395	20600	30175
Base total de la locomotora .	7265	8105	10720	12270	11200	17270	27815	35965
» total (máq. y tender) .	17345	19940	20555	23315	20370	27780	27815	35965
Tipo de la caldera	straight top	straight top	wagon top	straight top	wagon top	wagon top	wagon top	conical
Diám medio de la caldera. m m	1950	2185	2140	2285	2145	2465	2540	2540
Presión del vapor at.	12,7	13,7	12,7	14,1	13,4	14,8	15,1	15,1
Núm. de tubos de ebullición	205	326	303	269	337	266	365	
Diám. de los tubos de ebul. m m	51	51	51	57	51	57	57	
Longitud de los tubos	4140	4750	5485	7010	5180	7135	7600	5180/6705
Número de tubos de humo (recalentador)	32	46	43	48	50	45	65	
Diám. de los tubos de humo .	137	137	137	140	137	140	140	
Longitud de la caja de fuego .	2745	3200	2745	3355	3815	3815	4780	
Ancho de la caja de fuego .	1760	2895	2140	2440	2445	2445	2750	
Superficie de la parrilla. m ²	4,8	9,3	5,9	8,2	7,5	7,4	10,1	11,1
Superficie de calefacción en contacto con el agua .	210	353	395	517	418	530	754	1000
Superficie de calefacción del recalentador	47	73	89	124	93		191	130
Esfuerzo máx. de tracción kg	16800	27900	25600	37800	32300	48200	75700	91000
Calculado para un coefi- ciente de adherencia de .	4,48	4,36	4,52	4,05	4,19	4,2	4,36	4,0
Peso adherente. kg	75300	121300	115400	152800	135000	201800	329600	363000
Carga media por eje acopl. .	25100	30300	28800	30600	27000	25200	27500	22700
Car. en el bastidor anterior. .	12300	11600	11100	10300	11000		16300	15600
» » » posterior			19100	21100	14000		37200	22400
Peso de la máquina.	87600	132900	145600	184200	160000	224500		
Peso en servicio de la loco- motora con tender	149700	220500	217700	265200	236700	310700	383000	401000
Capac. de agua del tender. m ³	29	34	34	38	34	40	49	38
Capacidad del tender en combustible kg	10000	13000	9000	14500	13500	13500	10800	13500
Peso en servicio, del tender .	62100	87600	72100	81000	76700	86200		

Las máquinas *Duplex* se componen de dos grupos motores distintos, alojados cada uno en un chasis individual. Estas son casi las únicas máquinas americanas que trabajan como compound. El vapor, después de haber trabajado en los cilindros a alta presión de atrás, pasa por una junta extensible a rótula en los cilindros a baja presión, accionando el grupo motor de adelante. Estas máquinas se componen de seis, ocho y aun diez pares de ruedas motrices, y permiten el paso por las curvas sin más dificultades que las máquinas de marco rígido. De ordinario, la caldera está fijada rigidamente al grupo motor posterior, y la parte de adelante reposa sobre un gorrón que permite al grupo motor BP oscilar lateralmente. En los casos en que la caldera hubiere debido ser muy larga para permitir el paso por las curvas de corto radio, se ha recurrido a las calderas flexibles con junta «acordeón». En este caso, las dos secciones están adheridas rigidamente a sus marcos respectivos, y la junta permite al cuerpo de la caldera plegarse en las curvas.

Las locomotoras Duplex empleadas generalmente para el servicio de carga, son de los tipos 1C+C1 (1), D+D, 1D+D, 1D+D1, y desarrollan una fuerza de tracción de 32 000 a 53 000 kg.

Una de las más grandes locomotoras articuladas Duplex está representada en la figura 7 (lámina II); se construyó en 1916 para la Western Maryland R. R. y no tiene otras características que sus grandes dimensiones. La distribución Baker se realiza por medio de un aparato Ragonnet.

Dependiendo el esfuerzo máximo de tracción, que puede producir una locomotora, principalmente de la carga soportada por las ruedas motrices, es evidente que, siendo esta carga limitada, debía emplearse un mayor número de ruedas motrices, para producir el máximo de adherencia. Esta consideración sugirió la idea de utilizar el peso del tender para aumentar la adherencia.

La introducción de la primera locomotora articulada *triplex* (2), se debe a la Erie R. R. Fué construida en 1914 por la Baldwin Locomotive Works de Filadelfia y es del tipo 1D+D+D1. El último grupo motor corresponde al tender. El 90% del peso en servicio, es de 386 toneladas y se utiliza para la adherencia. Los seis cilindros son de la misma dimensión; los dos cilindros HP accionan el grupo motor central, los cuatro cilindros BP, los otros dos grupos. El vapor de escape de los cilindros posteriores, sale por una segunda chimenea, después de haber atravesado el recalentador de agua de alimentación.

(1) En el volumen IL, página 312 de la revista suiza (22 de Junio 1907) se describe una locomotora Mallet del tipo 1C+C1, del Great Northern Railway, construida en 1906; en la página 310 del volumen L (de 14 de Diciembre de 1907) se halla descrita una locomotora del tipo D+D, del Erie R. R., de 1907; y en la página 88 del volumen LXIV, de 15 de Agosto de 1914, aparece la descripción de una locomotora del tipo 1D+D1, construida en 1913 para el Pennsylvania R. R. Todas estas descripciones vienen acompañadas de ilustraciones.

(2) Véase la descripción ilustrada en el volumen LXV, página 29 (16 de Enero de 1915) de la misma revista.

Siendo necesariamente variable la carga soportada por las ruedas posteriores, este grupo motor debe rendir un trabajo menor que uno de los otros dos; y esto se obtiene dando a los distribuidores un recubrimiento exterior y una carrera diferente de los otros, de modo que, si las cajas para agua y para carbón están enteramente vacías, el peso adherente es aún suficiente para permitir desarrollar el esfuerzo de tracción máximo. Como a esta máquina se la emplea de preferencia para el servicio de remolque en trayectos cortos, el tender está de ordinario completamente cargado cuando la máquina debe producir su esfuerzo máximo.

La caldera cónica tiene un diámetro de 2 388 mm en la parte de adelante, y de 2 594 mm en el centro. La caja de fuego Wooten contiene el fogón del tipo Gaines combinado con una cámara de combustión que se prolonga a 1 372 mm al interior de la caldera. La caja de fuego tiene 4 120 mm de largo y la parrilla 3 050 mm; está dividida en dos secciones por un tabique de ladrillos refractarios, hasta media altura; en su parte superior se junta la bóveda soportada por seis tubos de ebullición. La entrada de los tubos de la caldera queda así bien protegida contra la acción directa de las llamas, que quedan obligadas a volver para venir a rozar la parte superior de la caja de fuego. El carboncillo que se deposita entre la pared tubular y la pared de ladrillos, puede ser fácilmente arrojado hacia abajo.

El recalentador Schmidt, compuesto de 43 elementos, posee 147,15 m² de superficie de calefacción. El recalentador de agua de alimentación, colocado bajo los compartimentos del tender, desarrolla una superficie de 40,88 m²; el agua se echa a la caldera por medio de dos bombas a vapor colocadas al lado derecho de la caldera.

Muchos de los detalles de construcción de esta máquina, presentan un interés especial. Así, por ejemplo, los chasis de acero vanadium y las juntas que los unen, combinados con los soportes de la caldera, y las juntas articuladas que permiten el paso del vapor de un grupo a otro. Los pistones son todos intercambiables y numerosas piezas lo son también con las de otras locomotoras «Mikado» y «Santa Fe», de esta Compañía.

La distribución Baker es accionada por un aparato Ragonnet. El fogón está provisto de un cargador mecánico Street.

Durante los ensayos, esta máquina ha remolcado un tren compuesto de 250 vagones cargados y del vagón dinamómetro, en la línea de Binghampton en Susquehanna, y en una distancia de 37 km, con varias curvas y con gradientes hasta de 9‰. Este tren, de un peso de 16 100 toneladas, tenía una longitud de 2,6 km. Alcanzó una velocidad de 22 km por hora y el dinamómetro marcó un esfuerzo de 59 000 kg.

El tipo triplex está indicado para producir un esfuerzo de tracción considerable, a poca velocidad y sin llegar a cargas excesivas por eje.

Una locomotora 1D+D+D2, representada en la figura 8 (lámina II), se puso en servicio en 1917 por la Virginian R. R. Es casi idéntica a la de la Erie

R. R. precitada. La única diferencia esencial con esta última, es el reemplazo del eje posterior por un bogie, en razón del peso mayor del ténder Virginian. Otros detalles de construcción se modificaron de acuerdo con indicaciones hechas por la Compañía.

Aunque las locomotoras triplex no estén más que en sus principios, dados los resultados favorables alcanzados por estas locomotoras, el tipo *quadruplex* derivado del desarrollo lógico del tipo triplex, ha sido ya propuesto y es de suponer que antes de mucho se habrá ya introducido.

El proyecto de la máquina representada en la figura 9 (lámina II), se debe a Mr. Henderson, ingeniero-consejero de la «Baldwin Locomotive Works». Esta máquina, del tipo $1D+D+D+D1$, está formada de cuatro grupos motores de los cuales dos trabajan a alta y dos a baja presión. La caldera consta de dos partes, unidas por una junta «acordeón», con cámara de combustión intermedia. El fogón, que es de enormes dimensiones, es alimentado por un cargador mecánico Street. En razón de la longitud de la caldera, la casucha del maquinista se halla en la parte anterior de la máquina, reservándose la de atrás al fogonero.

El número total de 18 ejes es perfectamente realizable y ha sido ya alcanzado con las locomotoras $1E+E1$ de la Atchison Topeka and Santa Fe R. R., incluyendo su ténder de seis ejes.

Con un coeficiente de adherencia de 4, esta máquina podrá producir el extraordinario esfuerzo de tracción de 91 000 kg, excediendo así en 15 500 kg al de la locomotora triplex del Virginian R. R.

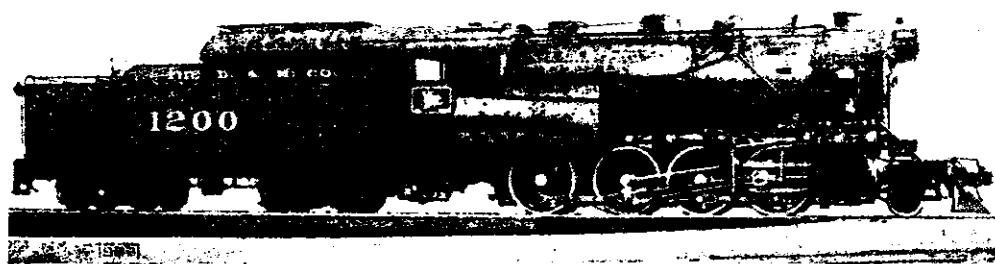
(Continuad).

Fig.1



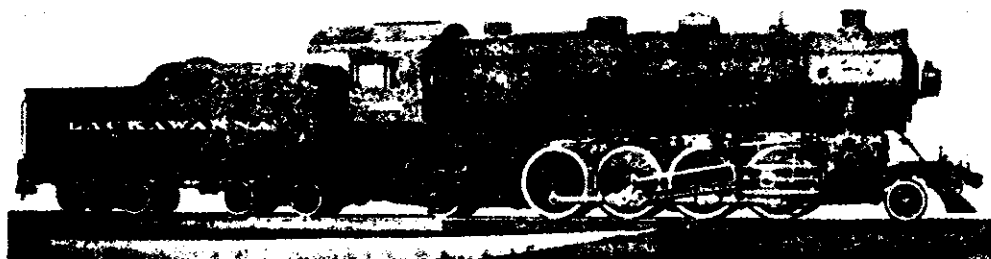
Locomotora del tipo "Mogul" (1C) de la "Chicago and Western Indiana Railroad," construida en 1913 para la "Baldwin Locomotive Works de Filadelfia."

Fig.2



Locomotora del tipo "Consolidation" (1D) de la "Delaware and Hudson Railroad," construida en 1916 por la "American Locomotive C. de Schenectady."

Fig.3



Locomotora del tipo "Mikado" (1D) de la "Delaware, Lackawanna and Western Railroad," construida en 1916 por la "American Locomotive C. de Schenectady."

Fig.5

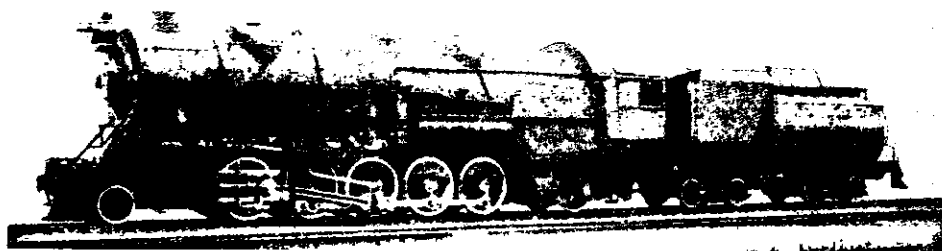
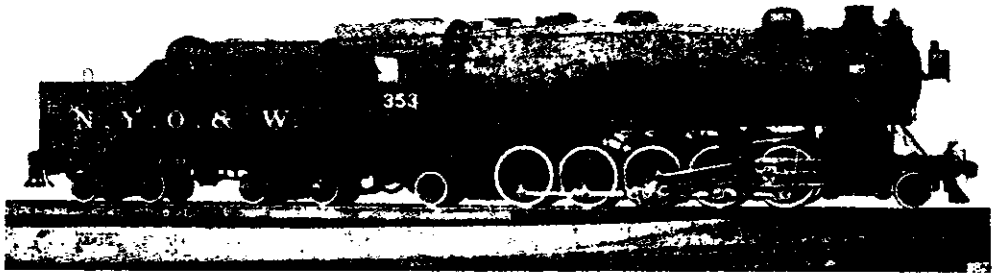


Fig.6



Locomotora del tipo "Santa Fe" (1E1) de la "New York, Ontario and Western Railroad," construída en 1916 por la "American Locomotive Co" en Schenectady."

Fig.7



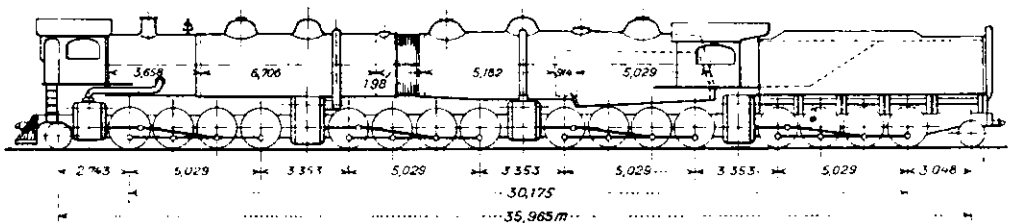
Locomotora del tipo "Duplex-Mallet " (1D + D1) de la " Western Maryland Railroad," construída en 1916 por la " Lima Locomotive Works Inc. de Lima (Ohio)."

Fig.8



Locomotora del tipo " Triplex Mallet " (1D + D + D2) de la " Virginian Railroad," construída en 1917 por la " Baldwin Locomotive Works de Filadelfia."

Fig.9



Proyecto de una locomotora del tipo " Quadruplex-Mallet " (1D + D + D + D1) de la " Baldwin Loco-