

---

# ANALES DEL INSTITUTO DE INGENIEROS

---

## LOCOMOTORAS COMPOUN

De cuatro cilindros y de gran velocidad del Ferrocarril de París-Lyon  
Mediterráneo

POR MR. CH. BAUDRY

(Traducido por Enrique Labatut)

(Continuación)

---

### DESCANSO DE LA MÁQUINA SOBRE LA VÍA

Me he extendido un poco largamente sobre las condiciones de establecimiento de la caldera de las nuevas máquinas, porque es el punto por el cual difieren lo mas de los tipos precedentes. El segundo punto por el cual se distinguen netamente, es la posición de los ejes en relación de las masas pesadas de la máquina y, notablemente, en relación de los cilindros. Atrás, el último eje está, como anteriormente, bajo el hogar, pero mas cerca de su lado de atrás.

Adelante, los cilindros no están más hacia adelante del primer eje; dos de entre ellos, los cilindros interiores, están exactamente atravesados, sea del bogie, ó sea del eje portador único; los dos otros están reculados hasta el medio de la máquina. Resulta, de un lado, una gran suavidad ó disminución de los choques laterales del eje delantero ó del bogie sobre la vía, cuando las desigualdades de éstas botan de lado la parte adelante de la máquina, y por otro lado una reducción considera

ble del momento que trata de levantar la parte adelante de la máquina y que es debido á la oblicuidad de las bielas. Este último momento, que era de 7,990 kilogramos, con la velocidad de 70 kilómetros por hora, sobre nuestras locomotoras no comprende de la serie 111—400, y que el empleo de 4 cilindros había ya reducido á 5,158 kilogramos sobre las locomotoras C 1 y C 2 de 1888, no es más sobre las locomotoras C 11 y 12 que de 2,215 kilogramos. La carga del eje delantero ó del bogie de la máquina queda así mas constante, y la vía siempre bien cargada estará en mejores condiciones para resistir á los esfuerzos transversales accidentales; como sin embargo estos últimos son menos, todo, en las nuevas máquinas, contribuye á disminuir las probabilidades de desfor:nación transversal de la vía.

#### BOGIE

El empleo de un bogie pone todavía las máquinas C 11 y 12 en mejores condiciones bajo este punto de vista y les da una cierta ventaja sobre la máquina C 51. Es posible, sin embargo, preguntarse si la ventaja es bastante grande para justificar un aumento de peso de 3 toneladas.

La máquina no descansa sobre el bogie mas que por su pivote que es esférico, de tal suerte que la carga del bogie se reparte siempre igualmente entre los dos rieles y entre los dos ejes. Cada eje teniendo, sin embargo, sus resortes propios, basta disponer convenientemente sus barras de suspensión para que las cuatro ruedas queden siempre igualmente cargadas.

El descanso del pivote no es fijo en relación al bogie. Puede girar alrededor de su eje vertical, y como descansa sobre un asiento de superficies helisoidales subiendo á derecha é izquierda, se levanta á lo largo de estas superficies cada vez que da vuelta. Pero, este descanso gira al rededor de su eje vertical al mismo tiempo que el pivote, que lo arrastra por medio de dos

dedos provistos de rodillos y dispuestos de manera á no entorpecer los otros movimientos relativos del pivote y del descanso. Resulta que todo desplazamiento angular del bogie en relación á la máquina en el plano horizontal atrae un pequeño levantamiento de la parte delantera de la máquina, y una vez alejada la causa del desplazamiento angular, el peso de la máquina pone el eje longitudinal del bogie en coincidencia con el de la máquina.

No es este el sólo movimiento relativo que el descanso puede tomar en relación al bogie. Puede además trasladarse transversalmente con su asiento, de 15m/m de cada lado de su posición central. Para arreglar este desplazamiento, el asiento en cuestión descansa sobre un segundo asiento inferior é inmovil por medio de planos inclinados á 15%.

El eje delantero de la máquina C 51 tiene igualmente un desplazamiento transversal de 16m/m de cada lado de su posición central con planos inclinados á 10%.

#### ADOPCIÓN DEL SISTEMA COMPOUND Y EMPLEO DE CUATRO CILINDROS

Fuera de los puntos que hemos examinado en lo que precede, las nuevas locomotoras no difieren de las del tipo de 1888 que por ciertos detalles. Han sido hechas como las de 1888, en el sistema Compound, porque la experiencia á confirmado la economía que esperábamos de este sistema combinado con una presión de 15 kgs. por centímetro cuadrado. Se les ha dado 4 cilindros porque la experiencia de las máquinas de 1888 á mostrado que la complicación incontestable que resulta de un doble mecanismo era perfectamente admisible en la práctica, y porque esta división de la potencia motriz entre dos máquinas, operando cada una sobre un eje distinto, tenía la gran ventaja de reducir los exfuerzos que se ejercen sobre las piezas del mecanismo, sobre los ejes y sobre la vía y de reducir igualmente las

perturbaciones debidas á las fuerzas de inercia. Para no hablar más que de las sobre cargas de cada rueda sobre el riel, el empleo de 4 cilindros á permitido reducirlos á:

1.371 kg. para el 1.º eje motor y

1.471 kg. para el 2.º » »

La velocidad siendo de 70 km. por hora, mientras tanto que á la misma velocidad, sobre las máquinas 111—400 de dos cilindros, la sobrecarga es de 4.317 kg., á pesar de una potencia menor de 20% más ó menos.

#### ACOPLAMIENTO DE LOS EJES MOTORES

A pesar de que cada eje motor fuese accionado directamente por dos de los cilindros, se había querido acoplarlos en las locomotoras de 1888, con el fin de mantener invariable su posición angular relativa. El acoplamiento á sido conservado en las nuevas locomotoras, y la posición angular relativa de los ejes á sido determinada de manera de aumentar, tanto como es posible, el momento, al ponerse en marcha. Se ha llegado así á calar las manivelas de los cilindros de expansión de 135° adelante sobre las de los cilindros de admisión.

Este ángulo no es el más favorable bajo el punto de vista del efecto de las fuerzas de inercia sobre los movimientos de balance de la locomotora; pero pone todavía á este punto de vista las máquinas C 11, 12 y 51 en mejores condiciones que las máquinas de dos cilindros, aún menos poderosas, como lo muestra el cuadro siguiente:

BALANCE	Locomotoras núm. Compound 111-400	Locomotoras Compound C. 11 y 12
Máximum del momento produciendo el balance con la velocidad de 100 kilómetros por hora.....	7.259 kgm.	5.696 kgm.
Amplitud independiente de la velocidad, de movimiento de balance en el eje de adelante.....	1m/m4	1m/m31
. SALTO		
Máximum del esfuerzo que produce el salto con la velocidad de 100 kilómetros por hora.....	7.553 kgm.	6.155 kgm.
Amplitud independiente de la velocidad del movimiento de salto.....	3m/m8	3m/m33

RELACIÓN ENTRE LOS VOLÚMENES DE LOS CILINDROS Y  
DISTRIBUCIÓN

La relación de los volúmenes de los chicos y de los grandes cilindros es de 0,40 como en máquinas c. 1 y 2; las distribuciones de los dos grupos de cilindros están conjugadas como en esas máquinas de manera á igualar, tanto como es posible, para todos los grados de admisión en los pequeños cilindros, los diagramas de los chicos y de los cilindros grandes.

APARATO DE CAMBIO DE MARCHA

El aparato de cambio de marcha está combinado de manera á mantener la relación deseada entre las dos distribuciones por medio de dos camones convenientemente trazados que mandan

cada uno una distribución. Es el mismo principio que sobre las máquinas c. 1 y 2; en efecto, los camones estaban montados sobre un árbol fijo y era sus rotaciones solamente que hacían variar la posición de las barras de suspensión. En las nuevas máquinas, al contrario, el eje de los camones se desplaza horizontalmente en la dirección de adelante hacia atrás de la máquina, y este desplazamiento longitudinal determina una rotación simultánea por medio de sectores dentados invariablemente ligados á los camones y engranando con una cremallera fija. El desplazamiento del eje de los camones se obtiene por medio de una tuerca ligada á este eje y de un tornillo maniobrado por el maquinista. El volante de maniobra está sin embargo dispuesto, según el tipo adoptado desde 1880 por el ferrocarril P. L. M., de manera á no obrar sobre el tornillo de cambio de marcha que después de haber abierto, en el sentido conveniente, el cajón único de admisión de vapor en los dos cilindros que mandan cada uno directamente una de las barras de suspensión. Estos dos cilindros están colocados adelante de los camones. Dos cilindros más colocados detrás están llenos de aceite y sirven á mantener inmóviles las barras de suspensión durante la marcha de la máquina; con este objeto, el cajón único, que pone en comunicación la parte de adelante y de atrás de cada uno de esos cilindros, está normalmente cerrado; no se abre más que al mismo tiempo que el cajón de vapor y por la misma maniobra del volante del mecánico, la maniobra inversa lo cierra.

Las máquinas nuevas llevan, como las máquinas c. 1 y 2, una llave especial de toma de vapor por medio del cual el mecánico puede enviar directamente el vapor de la caldera en el receptáculo intermediario entre los chicos y los grandes cilindros; además, una válvula de seguridad de resorte colocada sobre ese receptáculo y comunicando en la atmósfera impide la presión de subir más allá de 6 kgs. El mecánico debe maniobrar

su llave de manera de evitar, tanto que sea posible, que esta válvula escupa; la sección de la llave y la del cañón que la comunica al receptáculo intermediario están por lo tanto en relación con la de la válvula, de manera que esta baste en todos los casos á mantener la presión más abajo del término fijado.

Con este dispositivo y gracias al acoplamiento de los ejes, la acción de poner la máquina en marcha se ejecuta siempre con gran facilidad.

#### DETALLES DIVERSOS

La chimenea, de gran diámetro, es adelgazada interiormente, según el tipo adoptado en el ferrocarril P. L. E. desde 1888, por un nudo central colocado encima del escape y arreglado de manera á desvanecer convenientemente el chorro de vapor.

El escape es de sección rectangular, variable por medio de válvulas movibles.

El soplete lanza el vapor en la chimenea por una corona de pequeños agujeros perforados en el nudo central.

La alimentación de la caldera está asegurada por medio de dos inyectores Sellers de  $6^m/m$  y de  $7^m/m5$ .

El engrasamiento de los cilindros se hace por medio de un engrasador Mollerup-Drevald doble.

Los pistones son de fierro fundido; las barras son de acero y atornilladas en los pistones.

Las bielas son de acero.

Los ejes son igualmente de acero, sus ruedas de fierro fajado y las yantas de acero.

El árbol codado, no llevando escéntricos, tiene sus descansos ligados por una parte recta hiendo directamente de un descanso al otro. Las manivelas están fretadas de acero y los descansos de la biela están traversados, según el eje, por un perno de seguridad de fierro.

Los dos ejes motores están provistos de cajas de aceite sistema *Raymond y Henrard* de tres cojinetes, de los cuales uno superior y dos laterales.

Las ruedas motrices están frenadas cada una por una zapata sobre la cual se ejerce el freno de aire comprimido, automático y moderable, sistema *Westinghouse*.

#### ESPECIFICACIÓN GENERAL

El cuadro siguiente resume las condiciones principales de establecimiento de las nuevas máquinas.

#### PARRILLA

Largo (proyección horizontal).....	2 <sup>m</sup> 234
Ancho.....	1 <sup>m</sup> 040
Superficie.....	2 <sup>m</sup> 932
Inclinación.....	20°40'
Largo del cuerpo cilíndrico.....	2.890
Espesor de las planchas del cuerpo cilíndrico.....	0.0145
Naturaleza del metal de las planchas del cuerpo cilíndrico.....	acero
Largo interior de la caja de humo.....	1 <sup>m</sup> 650
Diámetro interior de la caja de humo.....	1.560
De la cabeza de riel al eje de la caldera.....	2.250
De la cabeza del riel abajo del cuadro del fogón adelante.....	0.680
Volumen de agua con 0 <sup>m</sup> 100 encima del cielo del fogón.....	2 <sup>m</sup> 3950
Volumen de vapor.....	2.200
Capacidad total del caldero.....	5.150
Timbre de la caldera.....	15 kg.



CHIMENEA

Diámetro interior de la chimenea.....	0 <sup>m</sup> 540
Diámetro del nudo central de la chimenea.....	0.270
Altura de encima de la caja de humo encima de la chimenea.....	1.222
Altura de encima del riel encima de la chimenea.....	4.258

SECCIONES DE PASAJE DE AIRE

Al través de la parrilla.....	0.500G	1 <sup>m</sup> 9 16
Al través de los tubos... {	En las planchas de la caja de fuego.....	t 0.2590
	En el medio.....	0.3431
Sección interior libre de la chimenea.....	c	0.1698
Relación.....	$\frac{t}{c}$	1.52

MARCO

	C 11-12	C 51
Separación interior de las vigas.....	1 <sup>m</sup> 250	1 <sup>m</sup> 250
Espesor de las vigas.....	0.020	0.020
Ancho exterior del asiento.... {	adelante. 2.500	2.500
	atrás.... 2.900	2.900
Largo de la máquina á la extremidad de los topes.....	9.690	9.400

FOGÓN

Altura interior (contada hasta bajo del cuadro) {	adelante 1 <sup>m</sup> 817
	atrás... 1.172
Largo interior..... {	arriba... 2.140
	abajo.. 2.234

Ancho interior.....	}	arriba ....	1.080	
		abajo ...	1.040	
Espesor de acero	}	de las paredes laterales y planchas de acero..... 0.010		
		de la plancha tubular.	en los tubos	0.020
			abajo.....	0.010

## TUBOS (de alas)

Naturaleza del metal.....	acero
Número.....	133
Diámetro exterior.....	0 <sup>m</sup> 095
Espesor.....	00025
Número de alas en cada tubo.....	8
Altura de las alas.....	0 <sup>m</sup> 012
Espesor medio de las alas.....	00025
Largo entre las planchas tubulares.....	3.000

## SUPERFICIE DE CALENTAMIENTO

Fogón (contado encima del cuadro).....	F	10 <sup>m</sup> 942
Tubos (desarrollo interior).....	T	137.38
Total.....	S	147.80
	T	
Relación de la superficie de los tubos á la del fogón	—	13.18
	F	
	S	
Relación de la superficie total á la de la parrilla....	—	63.70
	G	

## CALDERA

Largo exterior de la caja del cuerpo.....	0. <sup>m</sup> 400		
Ancho exterior de la caja de fuego.....	}	arriba	1.540
		abajo	1.200

Diámetro interior del cuerpo cilíndrico.....			1.320	
Separación de los ejes....	$\left\{ \begin{array}{l} 1.^{\text{er}} \text{ eje} \dots\dots\dots \\ 2.^{\text{o}} \text{ y } 3.^{\text{o}} \dots\dots\dots \\ 3.^{\text{o}} \text{ y } 4.^{\text{o}} \dots\dots\dots \\ \text{extremos} \dots\dots\dots \end{array} \right.$	1. <sup>er</sup> eje.....	2.000	3.300
		2. <sup>o</sup> y 3. <sup>o</sup> .....	2.200	2.800
		3. <sup>o</sup> y 4. <sup>o</sup> .....	2.700	»
		extremos.....	6.900	6.100

RUEDAS MONTADAS Y EJES

Diámetro de las ruedas.....	$\left\{ \begin{array}{l} 1.^{\text{er}} \text{ eje} \dots\dots\dots \\ 2.^{\text{o}} \text{ eje} \dots\dots\dots \\ 3.^{\text{er}} \text{ eje} \dots\dots\dots \\ 4.^{\text{o}} \text{ eje} \dots\dots\dots \end{array} \right.$	1. <sup>er</sup> eje...	1 <sup>m</sup> 000	1 <sup>m</sup> 300
		2. <sup>o</sup> eje...	1.000	2.000
		3. <sup>er</sup> eje...	2.000	2.000
		4. <sup>o</sup> eje...	2.000	»
Juego lateral del bogie de las máquinas C 11 y 12 ó del primer eje de la máquina C 51, de cada lado de la máquina.....			0.016	0.016
Juego lateral de los ejes acoplados de cada lado de la máquina.....			0.001	0.001
Separación interior de las yantas.....			1.360	1.360

MOVIMIENTO	C 11-12		C 51	
	Admisión	Expansión	Admisión	Expansión
Número de cilindros.....	2	2	2	2
Diámetro de los cilindros.....	0. <sup>m</sup> 340	0. <sup>m</sup> 540	0. <sup>m</sup> 340	0. <sup>m</sup> 540
Carrera de los pistones.....	0.620	0.620	0. <sup>m</sup> 620	0.620
Sección de los cilindros..... C	0. <sup>m</sup> 90907	0. <sup>m</sup> 2290	0. <sup>m</sup> 90907	0. <sup>m</sup> 2290
Volumen de una cilindrada.....	0. <sup>m</sup> 3056	0.142	0.056	0.142
Separación de eje en eje de los cilindros.....	2. <sup>m</sup> 140	0.590	3.140	0.590
Largo de las bielas motrices..... L	2. <sup>m</sup> 350	1.800	2.400	1.800
Radio de las manivelas..... R	0. <sup>m</sup> 310	0.310	0.310	0.310
Relación del largo de las bielas á las manivelas..... L				
	7.58	5.8	7.74	5.8
	R			
Inclinación de los cilindros.....	»	»	»	3. <sup>o</sup> 13'
Avance de las manivelas de los cilindros de expansión sobre las de los cilindros de admisión.....		135°		135°

DISTRIBUCIÓN	C 11-12		
	ADMISIÓN	EXPANSIÓN	
Tipo de la distribución.....	Walschaert	Especial	
Tipo del cajón.....	de doble admisión	de doble admisión	
Cajón.....	Largo..... 0 <sup>m</sup> 310 Ancho..... 0 264 Superficie..... 9 <sup>m</sup> 9818	Largo..... 0 <sup>m</sup> 400 Ancho..... 0 <sup>m</sup> 327 Superficie..... 9 <sup>m</sup> 1308	
Carrera máxima del cajón.....	0 <sup>m</sup> 122	0 <sup>m</sup> 156	
Recubrimiento exterior { adelante....	0.026	0.0345	
{ atrás.....	9.026	0.0345	
Introducción media máxima sobre las dos caras del pistón..... %	» 72.5	» 75	
Ángulo de oscilación del sector.....	34°	34°	
SECCIÓN DE PASAJE DEL VAPOR			
Ancho de las luces.....	0 <sup>m</sup> 240	0 <sup>m</sup> 330	
Secciones de las luces de admisión A	0 <sup>m</sup> 0086	0 <sup>m</sup> 0161	
Secciones de las luces de descarga E	0.0192	0.0330	
Cañón de admisión..... a	0.0085	0.0154	
Cañón de descarga..... e	0.0154	0.0227	
Relaciones.....	C		
	.....	10.55	14.22
	A		
	C		
	.....	4.72	6.839
	E		
	C		
.....	9.55	14.87	
	a		
	C		
.....	5.88	10.08	
	e		
ESCAPE VARIABLE			
Sección para la abertura máxima....		0 <sup>m</sup> 0200	
Sección para la abertura mínima....		0.0060	

RECEPTÁCULO INTERMEDIARIO DE VAPOR

	<u>C 11-12</u>	<u>C51</u>
Volumen.....	0 <sup>m3</sup> 260	0 <sup>m3</sup> 265
PESO		
Máquina vacía.....	44.660 kg.	44.730 kg.
Máquina en estado de marcha	{ 1. <sup>er</sup> eje 8.880 2. <sup>o</sup> eje 8.830 3. <sup>er</sup> eje 15.140 4. <sup>o</sup> eje 15.010	14.610 15.250 15.120 »
Total.....	... 47.910	44.980
Peso suspendido.....	36.652	34.260
Peso no suspendido.....	11.258	10.720
Peso adherente.....	30.150	30.370