

3 metros, de los cuales los dos centrales, cubiertos por el afirmado, se destinan al tránsito de vehículos y caballerías, y el resto dividido en dos andenes de 0,50 metros á la circulación de peatones.

Los tramos están formados por dos nervios ó vigas de hormigón armado por 30 centímetros de grueso por 70 centímetros de altura, cuya separación entre ejes es de 1,70 metros. Sobre estas vigas se apoya el tablero del tramo, también de hormigón armado, formado por un forjado central de 1,40 metros de luz libre y 15 centímetros de espesor, y dos voladizos de 0,55 metros de vuelo y un espesor medio de 12,5 centímetros.

Sobre la parte central del tablero se extenderá el afirmado, de 2 metros de ancho, con un espesor de 0,20 en el centro y 0,10 en los mordientes, y sobre los voladizos irán los andenes, constituidos por una capa de hormigón de 20 centímetros de grueso y un ancho total de 0,63 metros, provistos en su borde interior de un fuerte hierro en ángulo para evitar su destrucción por efecto de los choques y rozamientos originados por las ruedas de los vehículos.

En la parte exterior de los andenes, y dejando un ancho útil de 0,50 metros, se colocará la barandilla de tubo forjado y galvanizado.

Las palizadas están formadas por dos fuertes pilares, prolongación de los pilotes que constituyen los cimientos de cada una de ellas de $0,30 \times 0,30$ metros de sección y 1,70 metros de distancia entre ejes.

Estos pilares, cuya altura total es variable, llevan en su parte superior una ménsula de la forma y dimensiones que con todo detalle se indican en los planos, y que sirven de apoyo á los nervios ó vigas de los tramos.

Como algunas de las palizadas tienen altura de importancia, propónese tornapuntas, tanto agua arriba como agua abajo, sirviendo las primeras de tajamar para desviar y evitar choques de cuerpos flotantes y las segundas para resistir á la flexión producida por la acción del viento y de la corriente. En el ferrocarril eléctrico monorraíl aéreo de Génova, las palizadas tienen tañud pronunciado tanto para su mayores tabilidad como para contrarrestar los efectos de las olas.

Proponemos el pilote y no terminar el pilar en zapata porque este sistema lleva consigo agotamientos, toda vez que para su construcción se necesita trabajar en seco.

Para arriostrar los pilares dando rigidez á la palizada y que ésta pueda resistir en mejores condiciones á las acciones transversales, se unirán los pilares por intermedio de riostras de $0,30 \times 0,30$ metros, en la posición que indican los planos, reforzando los ángulos con fuertes cartabones.

Todos los elementos de hormigón armado llevarán las armaduras de aceros redondos, cuyos diámetro, número, forma y distribución se indica con toda claridad y detalle en la hoja correspondiente de los planos, y cuyo cálculo se expone más adelante.

Desagüe.—El lineal es de 100 metros y el superficial 570 metros cuadrados, que se diferencia poco con el primero.

DATOS PARA EL CÁLCULO.—Serán datos para el cálculo los pesos por unidad de volumen ó longitud de los distintos materiales empleados, los coeficientes de trabajo para los diversos esfuerzos á que han de encontrarse sometidos el hormigón y el acero, y las sobrecargas estáticas y dinámicas que han de actuar sobre los diversos elementos resistentes que constituyen los tramos.

Peso de los materiales,	Hormigón armado.....	2.500 kg. por m ³ .
	Idem sin armar.....	2.200 —
	Firme consolidado.....	2.000 —
	Barandilla.....	30 kg. por m. l.

COEFICIENTES DE TRABAJO:

Acero.....	A extensión	12 kg. por mm ²
	A compresión.....	12 —
	A cizallamiento.....	7 —
Hormigón.	A extensión...	Nulo.
	A compresión.	Para un hormigón compuesto de 300 kilogramos de cemento portland, 0,800 metros cúbicos de gravilla y 0,400 de arena, el 28 por 100 de la resistencia al aplastamiento de un hormigón sin armar de idéntica dosificación, ó sea
		$160 \times \frac{23}{100} = 14,8 \text{ kg. por cm}^2$

(Continuará)

José M.^a SAINZ.

LA LOCOMOTORA ELÉCTRICA Y LA TRACCIÓN DE LOS TRENES DE GRAN VELOCIDAD

POR:

L. ESBRAN

Hasta el presente se ha considerado poco ventajosa la tracción eléctrica de los trenes rápidos de las grandes líneas, debido al elevado precio de coste de la energía eléctrica producida en las centrales térmicas. Basándose el autor del presente artículo sobre los resultados obtenidos en América con el empleo de los grupos turboalternadores de gran potencia (30.000 kilovatios y de más), demuestra que el problema se presenta bajo un nuevo aspecto, que por lo que se refiere á esta aplicación permite la comparación ventajosa de la tracción eléctrica sobre la de vapor.

Es una opinión bastante extendida la de que las locomotoras de vapor son más ventajosas que las eléctricas cuando se trata de remolcar trenes pesados de 300 á 500 toneladas, con velocidades de régimen cercanas á 100 kilómetros por hora. Lo que da lugar á este error es la comparación hecha entre las locomotoras de vapor que aseguran el servicio de los trenes rápidos de viajeros y las pocas locomotoras eléctricas en servicio actualmente que son susceptibles de alcanzar y aun de exceder la velocidad de 100 kilómetros por hora.

Se ha comprobado que en este régimen de velocidad el esfuerzo de tracción de la locomotora eléctrica es generalmente menor que el esfuerzo de tracción de la de vapor. De esto á sacar la conclusión de la inferioridad de la locomotora eléctrica no hay más que un paso.

Ahora bien, el hecho de que una locomotora esté calculada para grandes velocidades no prueba que esta locomotora esté calculada para remolcar á estas velocidades cargas pesadas. De hecho, aun en la actualidad, casi todas las aplicaciones de la tracción eléctrica en las grandes líneas de ferrocarril se han hecho en líneas que presentan declives superiores á 1,5 por 100, es decir, en líneas en que la locomotora de vapor está en la imposibilidad de asegurar velocidades satisfactorias; casi todas las locomotoras eléctricas han sido determinadas para las velocidades de régimen que es preciso asegurar en los fuertes declives de estas líneas.

Las locomotoras eléctricas de corriente continua, 600 voltios, de las líneas del Pennsylvania Railroad, en Nueva York, han sido calculadas para remolcar un tren de 500 toneladas sobre rampas del 2 por 100; no es, pues, lógica la comparación entre una de estas locomotoras y la de vapor que sería completamente inepta para asegurar un servicio sobre una rampa del 2 por 100.

El problema de la tracción de trenes pesados de viajeros á grandes velocidades en líneas de perfil fácil, no ha sido resuelto todavía por la tracción eléctrica, porque hasta hoy no se ha proyectado ninguna aplicación de este género. El objeto de este estudio consiste, precisamente, en demostrar, refiriéndose particularmente á la red de los ferrocarriles franceses, que la solución de este problema no presenta dificultades especiales, y que, además, es de presumir que el empleo de locomotoras eléctricas en este servicio particular de las grandes líneas presentará muchas ventajas.

En Francia, París está unido á poblaciones importantes de la provincia por las grandes líneas de ferrocarril que constituyen las arterias principales de la red francesa. Estas líneas están construídas con un perfil relativamente fácil, pues raramente exceden los declives del 8 por 1.000.

Debe hacerse observar, sin embargo, que la línea París-Tolosa por Montauban presenta en un recorrido de 40 kilómetros una rampa casi continua del 10 por 1.000.

Estas líneas están recorridas por trenes rápidos y expresos que realizan velocidades comerciales en extremo elevadas; existen pocos países en que el servicio de viajeros esté asegurado en tan buenas condiciones de plazo de transporte.

Los horarios vigentes en 1913, eran los siguientes:

COMPANÍA DE PARÍS-LYON-MEDITERRÁNEO

Tren de lujo, Calais-Mediterráneo:

	Kilómetros.	Minutos.	Kilómetros por hora.
París-Laroche.....	155	116	80,1
Laroche-Lyon.....	160	128	75
Lyon-Macon.....	125	85	88,3
Macon-Lyon.....	72	51	84,6
Lyon-Valence.....	106	72	88,3
Valence-Avignon.....	124	84	88,6
Avignon-Marsella.....	120	87	82,7
TOTALES.....	862	623	
Paradas intermedias.....		29	
TIEMPO TOTAL.....		652	

COMPANÍA DEL NORTE

1.º Norte-Expreso:

	Kilómetros.	Minutos.	Kilómetros por hora.
París-San Quintín.....	154	94	98,2
San Quintín-Erquelin.....	86	55	93,8
2.º París-Calais:			
París-Calais.....	298	190	94

FERROCARRILES DEL ESTADO

	Kilómetros.	Minutos.	Kilómetros por hora.
1.º París-El Havre:			
París-Rouen.....	140	106	80
Rouen-El Havre.....	88	64	82,5
TOTALES.....	228	170	
Paradas intermedias.....		5	
TIEMPO TOTAL.....		175	

COMPANÍA DE PARÍS-ORLEANS

	Kilómetros.	Minutos.	Kilómetros por hora.
Sur-Expreso:			
París-Orleans.....	125	81	92,6
Orleans-Tours.....	110	72	92
Tours-Poitiers.....	101	67	90,5
Poitiers-Angulema.....	113	74	92
Angulema-Burdeos.....	139	90	92,6
Burdeos-Dax.....	148	108	82,2
Dax-Bayona.....	50	37	81
TOTALES.....	786	529	
Paradas intermedias.....		34	
TIEMPO TOTAL.....		563	

COMPANÍA DEL ESTE

Rápido de Basilea:

	Kilómetros.	Minutos.	Kilómetros por hora.
París-Troyes.....	167	113	88,6
Troyes-Chaumont.....	95	69	82,7
Chaumont-Belfort.....	181	127	85,5
TOTALES.....	443	309	
Paradas intermedias.....		8	
TIEMPO TOTAL.....		317	

A medida que se reducían las duraciones de los recorridos de los trenes rápidos y expresos, sufrían un aumento considerable en el peso, debido al crecimiento del tráfico de viajeros.

Respecto al particular, merece especial mención el rápido París-Burdeos, dando á continuación el cuadro de cargas sucesivas.

Junio 1897.....	175 toneladas.
Junio 1902.....	219 —
Junio 1906.....	234 —
Junio 1911.....	340 —

El tren rápido París-El Havre tiene actualmente una carga de 350 toneladas.

Los grandes trenes rápidos entre París y la Côte d'Azur tienen tonelajes de 278, 384 y 487 toneladas.

En la Compañía del Norte los trenes más rápidos alcanzan cargas cercanas á 300 toneladas.

En resumen, el servicio de los trenes rápidos y expresos de Francia exige la tracción de trenes remolcados de pesos comprendidos entre 300 y 500 toneladas, á velocidades comprendidas entre 60 y 120 kilómetros por hora, por líneas que presentan una máxima de declive del 8 por 1.000 y excepcionalmente del 10.

La tracción de estos trenes exige en el enganche esfuerzos fáciles de determinar; existen muchas fórmulas que dan por tonelada de carga el esfuerzo de tracción que debe ejercerse en el enganche del tender. Entre 60 y 120 kilómetros por hora, la fórmula más sencilla es la de la Compañía de París-Orleans:

$$R = 0,006 V,$$

donde R es la resistencia á la tracción en kilogramos por tonelada y V la velocidad en kilómetros por hora.

Debe hacerse observar que se trata de cargas remolcadas y que en esta fórmula no se hace intervenir la resistencia del aire.

En el cuadro que damos á continuación, la resistencia á la tracción en kilogramos de trenes de 300, 400 y 500 toneladas, se ha calculado en horizontal y en rampa del 5 y del 8 por 1.000.

Velocidades en kilómetros por hora.....	60	80	100	120
A.—Tren de 300 toneladas.				
Horizontal.....	1.080	1.440	1.800	2.160
Rampa del 5 por 1.000.....	2.580	2.940	3.300	»
Rampa del 8 por 1.000.....	3.480	3.840	»	»
B.—Tren de 400 toneladas.				
Horizontal.....	1.440	1.920	2.400	2.880
Rampa del 5 por 1.000.....	3.440	3.920	4.400	4.880
Rampa del 8 por 1.000.....	4.640	5.100	»	»
C.—Tren de 500 toneladas.				
Horizontal.....	1.800	2.400	3.000	3.600
Rampa del 5 por 1.000.....	4.300	4.900	5.500	»
Rampa del 8 por 1.000.....	5.800	6.400	»	»

El servicio de los grandes trenes rápidos de viajeros en Francia, en la forma que acabamos de indicar, se practica generalmente con locomotoras de vapor tipo Pacific de seis ruedas acopladas; sin embargo, y principalmente en la red del Norte, donde el perfil de las grandes líneas es poco accidentado, algunos trenes se arrastran todavía con locomotoras de vapor del tipo Atlantic de cuatro ruedas acopladas.

No presentando la locomotora Atlantic adherencia suficiente para franquear las pendientes cercanas al 8 por 1.000, arrastrando trenes de peso superior á 250 toneladas, hubo necesidad de emplear la locomotora Pacific en vista del aumento de peso de los trenes. Cada una de las grandes Compañías francesas tiene su tipo de locomotora Pacific de gran velocidad; las características generales no son muy diferentes, porque los servicios que deben cubrir tienen muchos puntos comunes.

Como ejemplo se pueden presentar las locomotoras tipo 6.000 de la Compañía del P. L. M. y las del tipo 3.500 de la Compañía de París-Orleans; las características de estas locomotoras son las siguientes:

	Tipo 6.000 P.-L.-M.	Tipo 3.500 P.-O.
Sistema.....	Compound con recalentador..	Compound con recalentador..
Timbre.....	16 kg. por cm ² ..	16 kg. por cm ² ..
Diámetro de las ruedas motrices..	2 metros.....	1,950 metros.
Superficie de la parrilla.....	4,25 m ²	4,27 m ²
Idem de la caldera.....	219 m ²	211 m ²
Idem del recalentador.....	71 m ²	62 m ²
Peso total en carga.....	93,3 toneladas..	99 toneladas.
Idem adherente.....	55,5 toneladas..	53,2 toneladas.
Idem del tender en carga.....	60,6 toneladas..	46 toneladas.

Admitiendo un coeficiente de adherencia de $\frac{1}{6,5}$, que es el límite admisible con este tipo de locomotora, el esfuerzo máximo en las llantas de las ruedas motrices puede fijarse en 8.500 kilogramos para la locomotora 6.000 P. L. M. y en 8.200 para la locomotora 3.500 P. O.

Una locomotora Atlantic, con un peso adherente de 36 toneladas (18 de carga sobre cada uno de los dos ejes), no puede dar más que un esfuerzo máximo de 5.500 kilogramos, aproximadamente.

El elemento esencial de una locomotora de vapor es la capacidad de evaporización de su caldera; con los modelos modernos de locomotoras Pacific en servicio, la potencia sostenida que puede desarrollarse en la llanta de las ruedas motoras generalmente alcanza cerca de 2.000 caballos. Esta potencia puede, por lo demás, conseguirse con las distintas velocidades susceptibles de ser realizadas por las locomotoras de vapor; en otras palabras, el producto del esfuerzo de tracción en las llantas de las ruedas motrices por la velocidad es sensiblemente constante.

Puede, pues, trazarse el gráfico, representando los esfuerzos de tracción en función de las velocidades, teniendo en cuenta, sin embargo, el esfuerzo máximo impuesto por la adherencia; además, si se conoce la resistencia de tracción, propia de la locomotora y su tender, en las distintas velocidades, se tendrá inmediatamente los esfuerzos de tracción en el enganche del tender.

La resistencia propia de tracción de las locomotoras de vapor y, principalmente, de las locomotoras Pacific, ha sido objeto de muchas determinaciones; estas determinaciones no son siempre concordantes.

En el presente caso pueden servir de base los ensayos hechos por la Compañía de París-Orleans con locomotoras 3.500.

Respecto á esto es preciso hacer observar que las locomotoras Atlantic 3.000 de la misma Compañía presentan una resistencia de tracción que, expresada en kilogramos por tonelada, coincide con la resistencia en kilogramos por tonelada de las locomotoras 3.500; el peso total de las locomotoras Atlantic solamente es de 74 toneladas.

La resistencia propia de una locomotora y su tender puede descomponerse en un cierto número de elementos:

1.º La resistencia del aire.

2.º La resistencia de la locomotora y del tender considerando como siendo simples vehículos; y

3.º La resistencia debida á los rozamientos del mecanismo de la locomotora y á los rozamientos adicionales que resultan de la presión del vapor.

La resistencia opuesta por el aire se traduce, generalmente, por la fórmula:

$$R = K S V^2,$$

donde R es la resistencia en kilogramos, K un coeficiente; S la superficie anterior del coche y V la velocidad en metros por segundo.

Los ensayos de Berlín-Zossen en 1903 con un coche de 93 toneladas, 25 metros de longitud y 12 metros cuadrados aproximadamente en la superficie anterior, han dado los siguientes resultados:

Velocidad en kilómetros por hora.	Presión en kilogramos por metro cuadrado.	Valor de K .
60	18	0,065
80	31	"
100	52	0,065
120	75	0,068

Para un cilindro con longitud igual á ocho veces el radio de la base y moviéndose en el aire, el Sr. Georges Eiffel ha hallado en sus experimentos practicados en el laboratorio del Campo de Marte la fórmula siguiente:

$$R = 0,0515 S \cdot V^2$$

Si se tiene en cuenta que en una locomotora en movimiento la proximidad del suelo debe formar remolinos que aumentan la resistencia opuesta por el aire, se ve que las cantidades fijadas con los ensayos de Berlín-Zossen, se comprueban con los experimentos del Sr. Eiffel y pueden, por consiguiente, considerarse como suficientemente exactas.

La resistencia de la locomotora y del tender, considerados como simples vehículos, puede calcularse según la fórmula

$$R = 0,006 V.$$

Respecto á la resistencia debida á los rozamientos del motor de la locomotora y á los adicionales que resultan de la presión del vapor, solamente se tienen cifras muy aproximadas. La Compañía del Este calcula esta resistencia en 7 kilogramos por tonelada en las máquinas de dos ejes acoplados. El gráfico de la Compañía de París-Orleans, que da la resistencia total de la locomotora y del tender, de un modo muy aproximado se puede descomponer en la forma que sigue esta resistencia total en sus elementos:

	Locomotora Atlantic Tipo P. O. 3.000			Locomotora Pacific Tipo P. O. 3.500		
Superficie de la cara anterior en metros cuadrados.....	8,2			8,2		
Peso de la locomotora en toneladas.....	74			92,8		
Idem del tender.....	46,3			46,3		
Peso total.....	120,3			139,1		
	Locomotora Atlantic Tipo P. O. 3.000			Locomotora Pacific Tipo P. O. 3.500		
Velocidades en kilómetros por hora.....	80	100	120	80	100	120
Resistencia del aire en kilogramos.....	254	426	615	254	426	615
Idem del mecanismo en kilogramos.....	294	344	481	436	539	669
Idem del rozamiento de locomotora y tender con los carriles en kilogramos...	577	722	866	667	835	1.000
Idem total en kilogramos.	1.125	1.492	1.962	1.357	1.800	2.384

En este cuadro se ve que la resistencia del mecanismo de la locomotora Atlantic es inferior á la resistencia de la Pacific, aunque la resistencia del mecanismo en kilogramos por tonelada de locomotora varía casi proporcionalmente á la velocidad de 3,9 á 6,5 en la locomotora Atlantic y de 4,7 á 7,1 en la Pacific.

Si se admite las cantidades de resistencia de la locomotora y del tender del cuadro anterior, se puede determinar finalmente la resistencia á la tracción del tren total (comprendido locomotora y tender), producida en las llantas de las ruedas motrices de la locomotora de vapor.

Deben hacerse las siguientes observaciones:

Cuando el perfil de la línea no presenta rampas superiores á 5 milímetros por metro, como sucede en la línea de París á San Quintín, las locomotoras tipo Atlantic son, indudablemente, superiores á las del tipo Pacific, en la tracción de trenes de 200 toneladas.

La velocidad de 120 kilómetros por hora se alcanza fácilmente en horizontal; en rampa de 5 milímetros puede realizarse la de 104 por hora, mientras que una locomotora del tipo Pacific no excede de 96 kilómetros por hora.

En el número correspondiente al 10 de Junio de 1910, de la *Revue générale des Chemins de fer*, se publicó un gráfico de marcha de un tren de 272 toneladas, arrastrado por una locomotora

2.741 de la Compañía del Norte, y sirve de apoyo a las observaciones precedentes.

Ahora bien; desde el momento en que el perfil presente rampas del 0,8 por 100, y con trenes de 300 toneladas, se hace imprescindible el uso de la locomotora de vapor, tipo Pacific.

Otros gráficos demuestran igualmente que, con rampas del 0,8 por 100, la locomotora Pacific no debe remolcar trenes que excedan mucho de 500 toneladas.

Las locomotoras 6.001, de la Compañía de París-Lyon-Mediterráneo, arrastran trenes de este tonelaje en las rampas de acceso al túnel de Blaisy-Bas.

Del total de todas las consideraciones precedentes se puede sacar, en conclusión, que el empleo de la locomotora de vapor tipo Pacific se hizo necesaria en las líneas que presentan rampas del 0,8 por 100, desde el momento que se intentó poner en servicio trenes de peso superior á 250 toneladas, y que actualmente, dada la limitación de 18 toneladas por eje impuesta por la resistencia de las obras de arte, parece demostrado que la locomotora Pacific ha llegado en la explotación al límite de su rendimiento.

H.

(Continuara.)

REVISTA EXTRANJERA

Puentes flotantes sobre el Misisipi para el paso del Milwaukee and St. Paul Railway.

El ferrocarril de Milwaukee and St. Paul atraviesa el Misisipi entre la Pradera del Perro (Wisconsin) y North Mc-Gregor (Jowa), en un punto en que el lecho del río está dividido por una isla en dos brazos navegables. Estos brazos, de 600 metros de anchura, próximamente, son atravesados cada uno por un puente de madera que comprende un tramo móvil constituido por un pontón que flota sobre el río y que se desplaza para permitir el paso á los barcos que no pueden pasar por debajo de los tramos fijos inmediatos.

La posición del pontón sigue, naturalmente, las variaciones del nivel del río, que son de bastante importancia. Ha sido, pues, necesario instalar sobre el puente una plataforma móvil verticalmente capaz de fijarse sólidamente á una altura dada, de manera de constituir, con los tramos fijos del puente, una vía sensiblemente de nivel.

Por otra parte, cuando el tren penetra sobre el pontón, turba proporcionalmente su equilibrio y modifica su posición en el sentido vertical, de modo que ha debido preverse, para unirle a los tramos fijos, una disposición especial que permita ligeras desnivelaciones y una cierta inclinación del pontón hacia un extremo ó hacia el otro.

En fin, se ha provisto al pontón de un mecanismo motor que permite su desplazamiento con relativa rapidez, cuando se tiene que abrir el paso á la navegación.

La travesía del Misisipi se ha realizado en estas condiciones desde 1874. Se retrocedió entonces ante los gastos que hubiera ocasionado la construcción de un puente metálico con tramo levadizo ó giratorio, dada, sobre todo, la gran anchura del paso navegable libre exigida para el servicio de navegación. Pero desde esta época los pontones se han reconstruido en diferentes ocasiones y cada vez se han perfeccionado.

El pontón del brazo Oriental se ha reconstruido en 1914, y el del brazo Occidental, que lo ha sido después, se ha terminado

recientemente. Se ha podido hacer constar que la duración de un pontón no excede de quince años, próximamente. Esta duración relativamente pequeña se explica en parte por los esfuerzos considerables que se desarrollan en la estructura durante el pasode los trenes: se producen entonces esfuerzos de flexión en el casco del pontón alternativamente en un sentido y en el otro, los que dan por resultado una fatiga considerable en las ensambladuras de las piezas de madera que constituyen la armadura del pontón.

La obra entera, tal como se presenta en la actualidad, se compone (figuras 1.^a y 2.^a): en el brazo Oriental, de una estacada de madera de un pontón de 64 metros de longitud, que ocu-

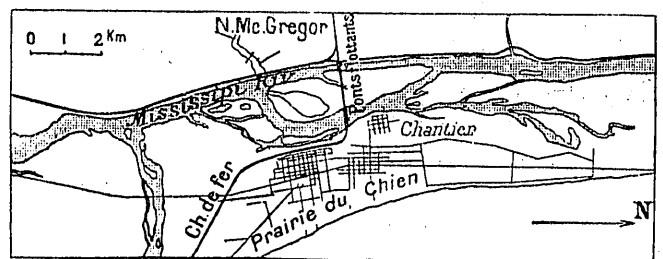


Fig. 1.^a

pa casi el punto medio del canal, después un tramo metálico de 30 metros, próximamente, de longitud, por debajo del cual pueden pasar los barcos de pequeño tonelaje; y, en fin, una nueva estacada; sobre el brazo Occidental, la estacada de madera ocupa la mayor parte de la construcción sobre la parte baja de la isla, siguen á aquella dos tramos metálicos fijos sobre el curso del agua, y, finalmente, el pontón, de 84,20 metros de longitud, que un corto estribo de anclaje separa sólo de la orilla. Este último pontón, el más reciente, es el que vamos á describir extractando el artículo que el Ingeniero de Artes y Manufacturas, M. Calfas, publica en *Le Génie Civil*.