

ga y descaga, ó bien mantener todas las noches el alumbrado en toda su intensidad. El coste anual por consumo de energía y de carbones, conservación y vigilancia, que es de 13.186,02 pesetas, se aumentaría así en 9.352,52. La economía es, como se ve, considerable, y la aplicación del sistema creemos que podrá ser muy útil en ciertas instalaciones de alumbrado que, como las de puertos ó de estaciones de ferrocarriles, deban dar en ciertos momentos una iluminación más intensa que la ordinaria.

JUAN M. DE ZAFRA.

ANCHURA DE LOS PUENTES METÁLICOS PARA CARRETERA

En todas las obras destinadas á dar paso á una vía de comunicación, salvando el obstáculo que ofrecen un río ó un barranco, es de importancia suma la fijación de su ancho para no entorpecer la circulación reduciéndolo en demasía, ni exagerarlo tanto en opuesto sentido que se dé lugar á un excesivo costo.

En los puentes metálicos precisa, aún más que en los de fábrica, fijar la anchura con sujeción á lo estrictamente preciso, habida en cuenta su longitud, la importancia del tránsito y las dimensiones de los vehículos que sobre ellos deben en cada caso circular; porque en tal clase de obras el peso, y de consiguiente el costo, es casi proporcional á la latitud.

Si de vías férreas se trata, no pueden existir dudas acerca del ancho, por hallarse éste prescrito reglamentariamente, lo mismo para la única que para la doble vía. Pero si el puente ó viaducto se destina á un camino ordinario, ya no existe nada determinado en tal sentido y, en honor á la verdad, sólo como vaga indicación puede servir el orden de la carretera á que haya de darse paso. En efecto, si con el ancho de firme (4^m,50) de nuestras carreteras de tercer orden pueden cruzarse dos carruajes, ni aun por la de primero circularán de frente tres vehículos á un tiempo en cuanto sean de los de batalla máxima entre los de uso corriente.

Por regla general, tratándose de una obra de importancia, bastará que su dimensión transversal permita el libre cruzamiento de dos vehículos con el huelgo necesario; porque marchando los carros ordinariamente al paso, su velocidad difiere bien poco de uno á otro, siendo entonces suficiente que puedan circular en dos filas, una en cada sentido.

Tampoco deberá reducirse el ancho por bajo de este límite, aunque el tráfico sea muy pequeño, á no tratarse de puentes de escasa longitud; pues en caso contrario se obstruiría el paso, embarazándose la circulación.

En obras pequeñas, ó sea hasta de 20 ó 30 metros, para carreteras poco frecuentadas, el puente, por decirlo así, de vía única, será en cambio solución muy económica, porque aun teniendo en cuenta la

longitud de las reatas podrá ser recorrido en menos de un minuto, no dificultando la circulación.

De igual modo puede presentarse al Ingeniero el caso opuesto, en trozos de gran tránsito ó en las inmediaciones de una población, en que no baste dar anchura suficiente para que circulen sólo los vehículos pesados, cuya igualdad de marcha permitirá siempre reducir el puente á la doble vía, sino también para carruajes ligeros, los cuales, si la obra tiene bastante longitud y su constitución lo consiente, deben cruzarla con aire más vivo que el lento de los carros.

Sin embargo, observando lo que sucede en el puente llamado del Mar, en Valencia, en el cual á pesar del inmenso tráfico que se efectúa entre la capital y su puerto, y de dar paso al tranvía de sangre, solo tiene anchura bastante para dos filas de vehículos, infiérese que pocas veces será preciso estudiar puentes para tres filas de carruajes, á no tener más de 50 metros de longitud total.

Con mayor motivo cabe asegurar que solo excepcionalmente y siempre en grandes centros de población, se dará á los puentes ó viaductos metálicos, latitud sobrada para que desfilen cuatro vehículos de frente.

Siendo, por lo general, de inferior batalla los carruajes ligeros, nos resta determinar la amplitud necesaria y suficiente para el paso de un carro de carga, si queremos fijar el ancho que según los casos ha de darse al firme en los puentes para carretera.

La anchura para un carro depende tanto de la distancia entre los puntos de apoyo de sus ruedas, como del huelgo que debe dejarse entre las de dos que se crucen en opuesto sentido. cuyo resguardo es preciso para evitar que se apezonen ó que tropiecen las partes más salientes de su carga. Y aquí entramos en el nudo de la cuestión; porque en realidad, construyéndose los carros para cargamentos muy diversos, su batalla, la anchura de las llantas y el saliente de sus cubos y pezones, son bastante distintos; como diferente es también, según la naturaleza de la mercancía transportada, lo que ésta vuela sobre el aplomo de las paredes laterales de la caja.

Creemos, sin embargo, que sino cifras fijas, pueden marcarse ciertos límites prudenciales para el gálibo de los carros; pues ni las diferencias apuntadas son por lo común muy grandes, ni requiere el problema tratado en general y á la ligera por pluma tan inexperta como la nuestra, una solución rigurosa. Nuestro objeto es tan solo llamar sobre este importante punto la ilustrada atención de los compañeros.

Entre ejes de llanta, la distancia medida al nivel del suelo varía generalmente entre 1^m,20 y 1^m,30, siendo la máxima ordinaria, al menos en esta localidad, de 1^m,40 para toda clase de vehículos, pues la media corriente no llega á 1^m,25. Como huelgo mínimo entre dos carros que se cruzan se supone siempre en el cálculo de las viguetas en los puentes 0^m,50 ó 0^m,60.

Tomando, por consiguiente, 1^m,40 para anchura

máxima entre llantas y 0^m,60 como mínimo de resguardo entre dos carros que marchen al paso, tendremos para amplitud del gálibo de un carro 2^m,00 como media aceptable.

Con esta base podremos fijar en 4^m,00 la anchura mínima del afirmado entre aceras para puentes de dos filas de vehículos, observando al paso que si bien es cierto que un incremento de 0^m,50, por ejemplo, en obras de gran longitud y tránsito, sería conveniente bajo el punto de vista de desahogar la circulación, semejante sobreancho aumentará el coste en un 10 ó 12 por 100, no siendo en rigor necesario; pues aun en el caso de atravesar un carro de mayores dimensiones podrá ser cruzado el puente en sentido contrario, teniendo la precaución de aproximar todo lo posible á las aceras las ruedas exteriores de ambos vehículos. Buena prueba es de esto el puente sobre el río Silves, construido por la Sociedad Fives-Lille en Portugal en 1875, que teniendo 223 de largo total, solo presenta 4 metros de firme.

La distancia entre aceras en obras para 1 y 3 filas de carruajes puede fijarse sin inconveniente en 2^m,00 y 6^m,00 respectivamente: en el primer caso porque siendo ya muy raro el carro que tiene 2 metros de eje, con mayor razón lo será el que tenga tal anchura entre llantas; y en el segundo porque aun cuando los vehículos ligeros necesitan más resguardo, no es menos cierto que será puramente casual se junten tres carruajes de batalla máxima, aparte de ser ésta ordinariamente menor en los vehículos ligeros que en los carros. Además, aparte de suprimir como se dijo antes el huelgo del lado de la acera, cabe aquí siempre hacer una pequeña detención para salvar la dificultad del cruce.

Si las aceras son voladas y las vigas sobresalen del tablero por ser éste inferior ó intermedio, convendrá añadir á los anchos enumerados 0^m,50 por cada lado del firme, para resguardo de dichas vigas principales.

Por lo tanto, en nuestra opinión y mirando por la economía que en los puentes metálicos resulta de ceñirse al ancho estrictamente preciso, los destinados á carretera deberían tener las siguientes latitudes para el afirmado:

	Entre aceras.	Entre vigas.	
Para una fila de vehículos.....	2 ^m ,00	3 ^m ,00	Caso en que las aceras son voladas y el tablero inferior.
Para dos ídem íd.....	4 ^m ,00	5 ^m ,00	
Para tres ídem íd.....	6 ^m ,00	7 ^m ,00	
Para cuatro ídem íd.....	8 ^m ,00	9 ^m ,00	

Si las aceras son interiores habrá de añadirse el ancho de éstas para obtener el total del puente entre las caras internas de sus vigas principales. Para estos andenes pueden servir perfectamente las dimensiones típicas de los pascos en las carreteras, pues ni se debe bajar de 0^m,75, mínimo necesario para que marche de frente una persona con el debido desahogo y sin miedo á los carruajes, ni por lo regular excederá la anchura de 1^m,25 en cada andén,

muy suficiente para pasar dos á un tiempo, á no ser en casos particulares cuando se prevea extraordinaria circulación de peatones. Porque si no, habiendo de marchar éstos en el mismo sentido dentro de cada acera y siendo poco diferente su velocidad, será suficiente la amplitud media de 1^m,00. Otras veces, por el contrario, en lugar de superar la amplitud de 1^m,25, será conveniente reducir las aceras á menos de los 0^m,75 dados como límite inferior; por ejemplo, cuando el puente sea de cierta longitud y pequeño tráfico, siendo posible entonces contentarse con los 0^m,50 dejados para resguardo de los cuchillos, caso de que el tablero fuese inferior.

Dedúcese de lo expuesto, que por lo corriente, la anchura de los puentes entre barandillas ó ancho libre, pudiera ser:

Afirmado.	Acera.	Con aceras interiores. — Total.	Con aceras exteriores y tablero inferior.	
Para 1 fila de vehículos...	2 ^m ,00	0 ^m ,50	3 ^m ,00	4 ^m ,00
Para 2 íd. íd..	4 ^m ,00	0 ^m ,75	5 ^m ,50	6 ^m ,50
Para 2 íd. íd..	4 ^m ,00	1 ^m ,00	6 ^m ,00	7 ^m ,00
Para 3 íd. íd..	6 ^m ,00	1 ^m ,25	8 ^m ,50	9 ^m ,50
Para 4 íd. íd..	8 ^m ,00	1 ^m ,50	11 ^m ,00	12 ^m ,00

Con tablero superior estos anchos son los mismos que los anteriores

Veamos ahora en cada uno de estos casos si es ó no conveniente poner volados los andenes.

Para ahorrar cálculos, apelaremos al excelente libro recientemente publicado por el Sr. Gaztelu, en donde se halla estudiada una consola para acera de 1^m,00, suponiendo aquéllas á 4 metros de distancia. Como allí se proyecta resulta de 40 kilogramos de peso próximamente.

Investiguemos el hierro que se economiza disponiendo los andenes sobre ménsulas, en puentes para dos filas de vehículos, para lo que tenemos que calcular viguetas de 5,00, 5,50 y 6,00 metros de longitud. La segunda la encontramos estudiada en la citada obra y su peso resulta ser 98,2 kilogramos por metro lineal.

Para la de 6^m,00 tendremos, suponiendo carros de 6 toneladas y 4 metros de distancia entre viguetas.

Carga permanente:

$$M = \frac{1}{8} \times 1.200 \text{ kilogramos} \times (6 \text{ m.})^2 = 5.400$$

Sobrecarga:

$$M = 6.000 \text{ kilogs.} \times 3 \text{ m.} - 3.000 \text{ kilogs.} \times 1^m,50 - 3.000 \text{ kilogs.} \times 0^m,30 = 12.600$$

Momento máximo total 18.000

En los apéndices del ya repetido libro de puentes, hallamos que para este momento flector y á 6 kilogramos de trabajo, corresponde al metro de vigueta un peso de 107 kilogramos, suponiéndola de 0^m,60 de altura.

En la vigueta de 5 metros, correspondiente al caso en que las aceras sean exteriores (no siendo el piso superior), hallaríamos:

Carga permanente:

M = 1/8 1200 x 5^2 = 3950.

Sobrecarga.

M = 6000 x 2.50 - 3000 x 1.50 - 3000 x 0.30 = 9600.

Momento máximo total 13550.

Al que corresponde un peso lineal para la vigueta de 100 kilogramos próximamente, con altura de 0m,50. Esta pieza y las ménsulas pesarán, pues,

5m,00 x 100 kg. + 2 x 40 kg. = 580 kg.

Y las dos anteriores viguetas

5m,50 x 98.2 kg. = 540 kg.

6m,00 x 107.0 kg. = 642 kg.

inferiéndose de aquí, para los puentes que pudiera-

mos llamar de doble vía, que si ha de tener un metro cada acera, convendrá, *generalmente*, ponerlas voladas; pero pudiendo reducir su ancho á 0m,75, será mejor disponerlas interiormente. Se sobrentiende que en el caso de que el tablero sea superior, no cabe duda acerca de la economía producida por las aceras exteriores, que reducen á 4 metros el ancho entre los cuchillos.

Procediendo de igual modo que antes, hallaríamos que en los puentes supuestos para tres filas de vehículos, poniendo voladizos los andenes, se logra una disminución de peso en la vigueta de cerca de 200 kilogramos. Con mayor razón sería ventajosa la disposición de que se trata en las obras de mayor anchura y, por el contrario, se nota que serán más económicas las aceras interiores en los puentes de vía única.

Como ejemplo de que los anchos obtenidos han merecido la sanción de la práctica, citaremos algunos puentes cuyas dimensiones recordamos:

DENOMINACIÓN DE LAS OBRAS	Ancho del firme.	ACERAS		Ancho total.	Longitud.	Observaciones.
		Interiores.	Exteriores.			
Puentes portátiles económicos (1879)....	1m,80	0m,52	»	2m,84	24 ms.	De Eiffel.
Idem de Missy y Bourg (cerca de París) (1865).....	2m,20	1m,00	»	4m,20	54 y 56 ms.	» Legrand.
Id. río Silves (Portugal) (1875).....	4m,00	Tablero sup.or	1m,00	6m,00	223 ms.	» Fives-Lille.
Id. Beslé (Francia) (1867).....	4m,20	0m,80	»	5m,80	80 ms.	» Joret y C. ^a
Id. Guadalhorce (Cádiz á Málaga) (1870)....	5m,00	Tablero inf.or	1m,10	7m,20	110 ms.	» Alzola.
Id. Cinca (Monzón) (1876).....	5m,00	Idem.	1m,00	7m,00	188 ms.	» Pano.
Id. Cubzac (sobre el Dordogne) (1883)...	6m,00	1m,30	»	8m,60	552 ms.	» Eiffel y C. ^a
Id. Boulevard Massena (París) (1877)....	6m,60	1m,70	»	10m,00	45 ms.	»
Id. Nilo (en el Cairo) (1871).....	8m,00	1m,50	»	11m,00	410 ms.	» Fives-Lille.

Para terminar añadiremos que reduciendo la anchura de los puentes á los límites propuestos, sería muy conveniente en aquellos cuya circulación es importante, el establecimiento de vías metálicas para los carros, cosa muy fácil en los que la altura de la rasante permita colocar los largueros encima de las viguetas. Porque estando los primeros constituidos generalmente por dos cantoneras en sus cabezas, nada más sencillo que superponerles un hierro en canal invertido que hiciera oficio de carril, sin tener necesidad de arriostrar la vía por hallarse bien sujeto el larguero encerrado entre los hierros zorés que, apoyados por cada lado en su cabeza inferior, sostienen el firme. El costo sería insignificante y las ventajas grandes, pues aparte de reducir con esto muchísimo el desgaste del afirmado, siempre difícil de reparar en los puentes, se encauzaría y facilita-

ría el tránsito, suprimiendo vibraciones peligrosas para la obra, y aun mejorando las hipótesis que para la distribución de cargas se hicieran en el cálculo.

Aun en el caso en que por disminuir en lo posible la altura de la rasante queden los largueros comprendidos en el espesor de las viguetas, creemos no fuera difícil adoptar una disposición que permitiese colocar los carriles directamente sobre la cabeza de los primeros. Uniendo dichos hierros en canal por bridas cosidas á sus nervios verticales y defendidos lateralmente por dos filas de maestras formadas con adoquines ó tarugos serian fácilmente reemplazables, por más que su larga duración haría la operación poco frecuente.

E. G. GRANDA.