

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

INSTITUTO DE INGENIEROS CIVILES

LOS PUENTES MODERNOS

Conferencia del Sr. D. JOSÉ EUGENIO RIBERA,

Ingeniero Jefe de Caminos, Canales y Puertos.

(CONTINUACIÓN)

Para dar una idea de los progresos realizados en la construcción de puentes de hormigón armado y de la variedad inmensa á que se presta el nuevo material, me limitaré á reproducir vistas de algunos de los puentes notables construidos, pues que una exposición gráfica de lo hecho en este orden de ideas es mucho más concluyente que todas las argumentaciones.

Tramos rectos.—Se cuentan ya por miles los tramos rectos de hormigón armado construidos en el mundo. El tipo corriente es el análogo á los de La Fanderia, Las Tablas, Badajoz, y otros varios, que he construido sobre estribos de fábrica.

20 y 22 metros, como por ejemplo en el puente de Mostic (Bohemia), formado por dos tramos rectos de 22 metros de luz, y en el de Krozna (Moravia), que ofrece la particularidad de haberse aligerado las vigas rectas.



Fig. 20.—Puente de Mostic (Bohemia).

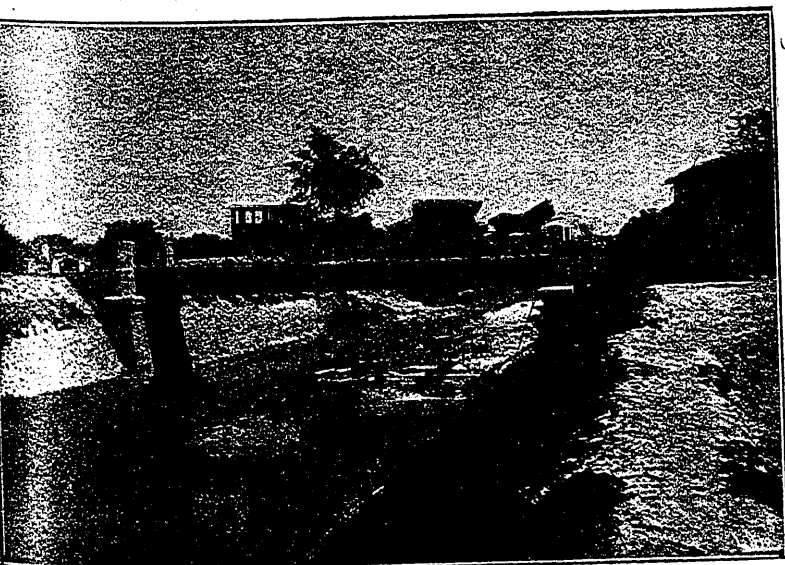


Fig. 19.—Puente de Tablas (Murcia) que fué cubierto por la última inundación.

Se alcanzan con economía luces de 15 metros, y sólo para pequeñas sobrecargas, se llega con esta disposición á luces de

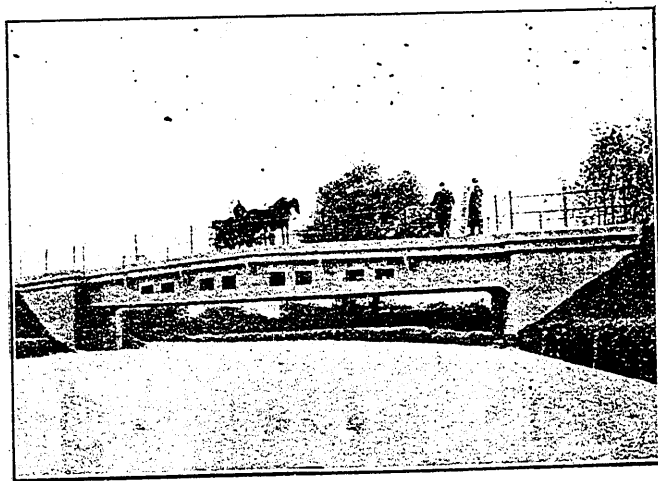


Fig. 21.—Puente de Krozna (Moravia).

Cuando la fundación de las pilas es económica, se multiplica

el número de estos tramos rectos como hemos hecho en el puente de Aguinaga (Guipúzcoa).

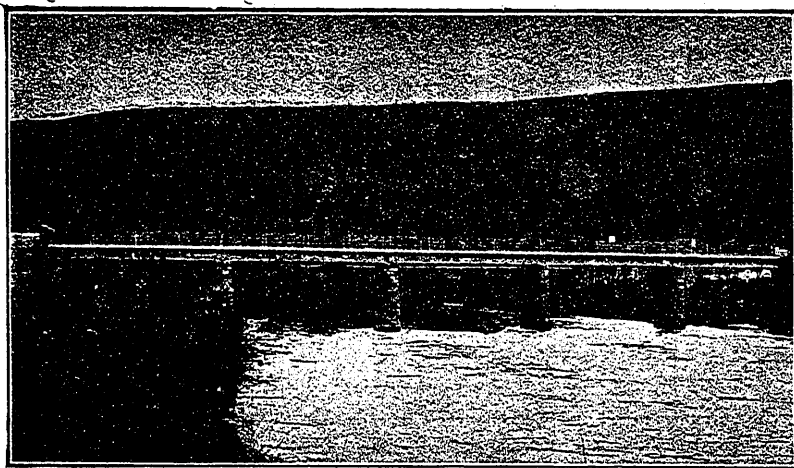


Fig. 22.—Puente de Aguinaga (Guipúzcoa).

Las pilas pueden ser de mampostería, como en este último puente y en el de Rombach (Alsacia.)

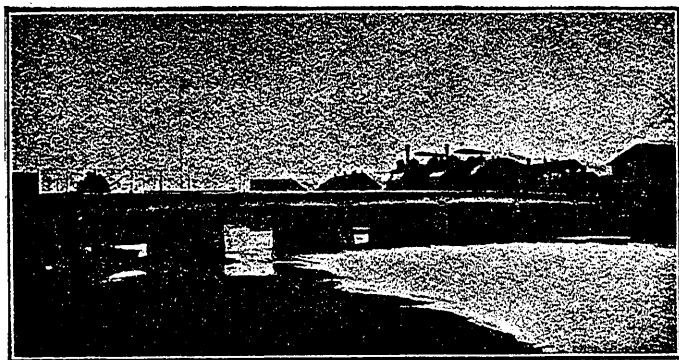


Fig. 23.—Puente de Rombach (Alsacia).

Pero pueden estas pilas estar constituidas como en los ejemplos siguientes, por simples palizadas, como en el de Aabybyo (Dinamarca), en que además de los pilares hay dispuestos unos jabalcones que sirven de tajamares.

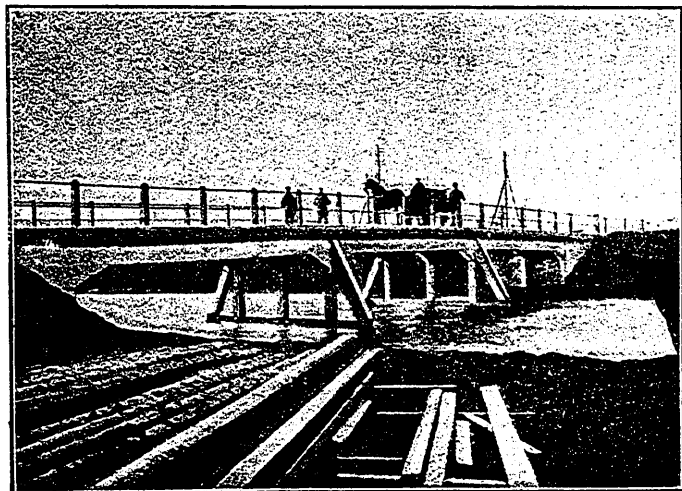


Fig. 24.—Puente de Aabybyo (Dinamarca).

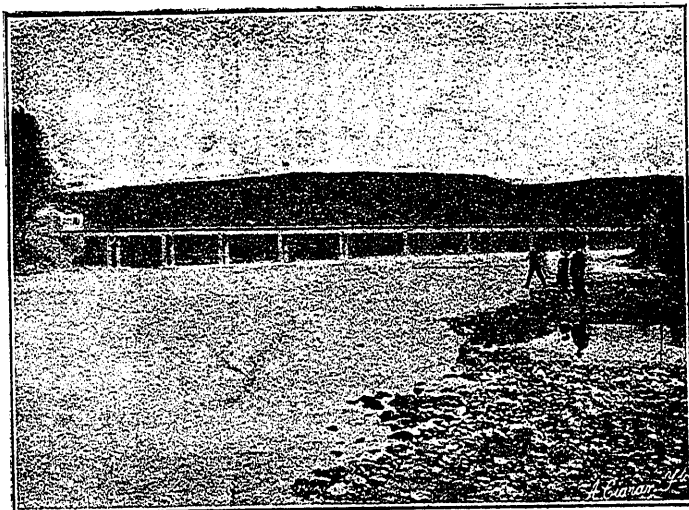


Fig. 25.—Puente sobre el Aroc (Francia).

En el puente de Molocha los pilares se han unido entre sí por un tabique de hormigón que los arriostra.

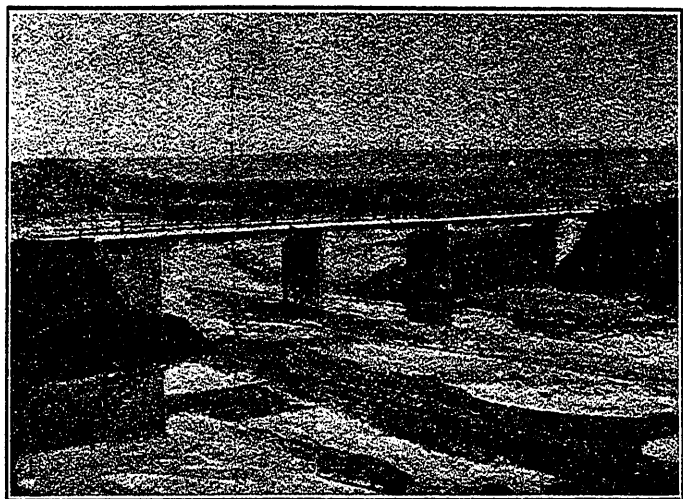


Fig. 26.—Puente de Molocha (Rusia).

El puente de Porto Corsini, sobre el canal de Piombone (Italia), es una disposición que permite reducir á su límite el obstáculo á la corriente, y ésta es la misma disposición que hemos

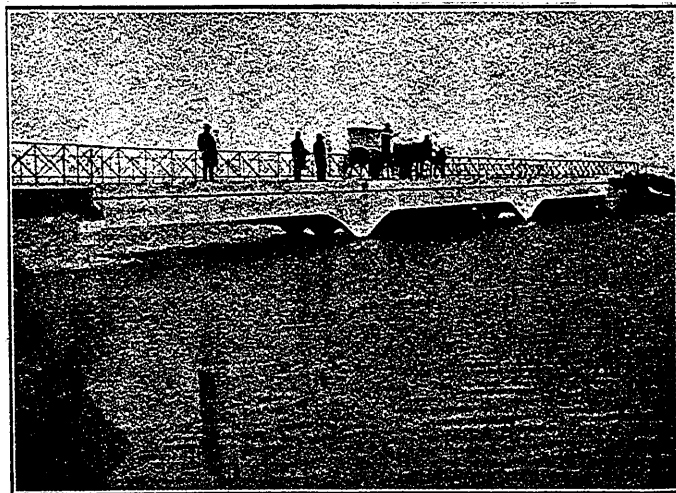


Fig. 27.—Puente de Porto Corsini (Italia).

lia), es una disposición que permite reducir á su límite el obstáculo á la corriente, y ésta es la misma disposición que hemos

empleado con gran éxito en más de veinte puentes del Canal de Aragón y Cataluña.

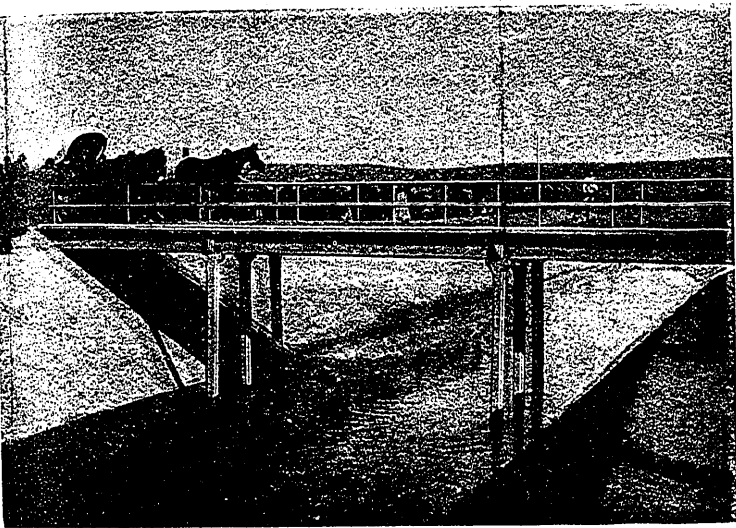


Fig. 28.—Paso superior sobre el canal de Aragón y Cataluña. Construimos otros 19 del mismo tipo.

Pasos superiores.—Asimismo se emplea hoy día casi exclusivamente esta disposición para los pasos superiores de ferrocarriles, en donde ofrecen la ventaja de no oxidarse por el humo de las locomotoras, cuyo azufre en contacto con el aire se transforma en parte en ácido sulfúrico que corroe rápidamente los pasos superiores metálicos.

La Compañía de París-Orleans ha construido un gran número de ellos, y cuantos han ido á París habrán visto estos tipos de obras en las proximidades de la capital.

La Compañía del Oeste de Francia, habiendo observado que sus pasos superiores de hierro habían sufrido una gran reducción de sección por efecto de la oxidación de sus piezas, ha corregido este defecto reforzando estos pasos, envolviendo el entramado metálico en hormigón.

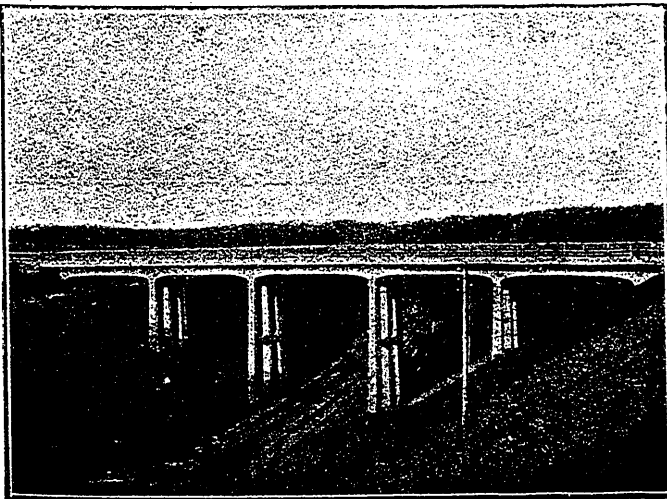


Fig. 29.—Paso superior en Nussbuhl (Alemania).

Acueductos.—Los acueductos deben ya hacerse todos de hormigón armado, que permite una variedad de disposiciones infinita y una economía enorme sobre los acueductos de fábrica.

El ejemplo que presento del acueducto del Araxes, que construí hace cinco años, es el prototipo de la construcción industrial.

No les ocultaré á ustedes que al descimbrar el primer tramo, los obreros que lo habían ejecutado se me mostraron reacios á la operación, pues no les cabía en la cabeza que aquel tubo de 12 metros de luz, tan pesado, pudiera sostenerse sin más apoyo por un extremo que dos pilares de 10 metros de altura. Hube,

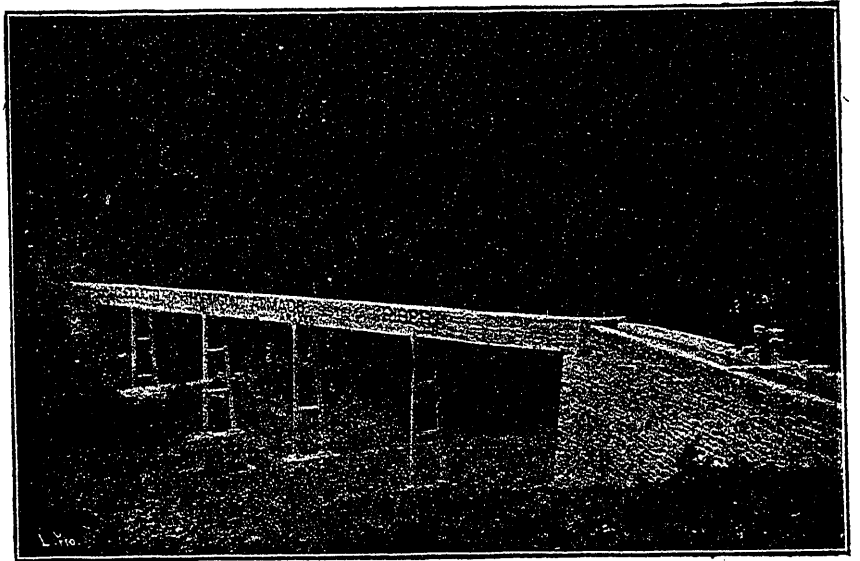


Fig. 30. —Acueducto sobre el Araxes, para la papelera del mismo nombre.

pues, de infundirles ánimo, efectuando personalmente el descimbramiento con mi encargado, y á pesar de la seguridad que me ofrecían los cálculos, no dejé de sentir cierta emoción al apoyar las últimas cuñas y observar que la obra permanecía completamente rígida.

Claro es que su aspecto no es estético y sorprende ese cajón tan pesado sobre simples palizadas; pero es una disposición muy económica que he repetido siempre con éxito en numerosos casos, como en Faleba (Canal de Aragón y Cataluña), y recientemente en Colmenar Viejo para el canal de la Hidráulica Santillana.

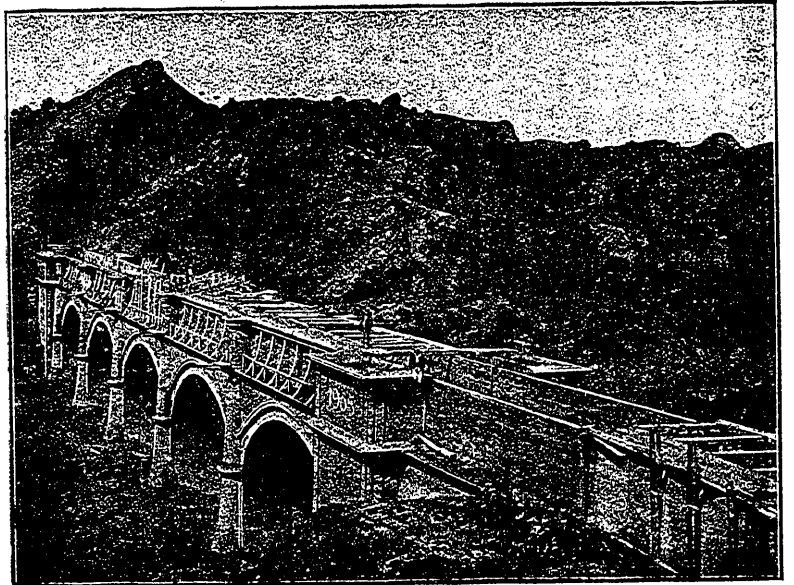


Fig. 31.—Acueducto de Perera (canal de Aragón y Cataluña).

En el acueducto de Perera, para el mismo Canal de Aragón y Cataluña, sólo el cajero es de hormigón armado y la fotografía representa el periodo de construcción. Ahí ven ustedes los moldes puestos en algunos tramos y á mi compañero Luiña que dirigió aquellas obras. La parte inferior es toda de hormigón en masa, y como ese acueducto atravesaba una carretera, el Ingeniero López Sandino, que lo proyectó, ha procurado, y á mi juicio conseguido, dar un aspecto muy satisfactorio, merced á los vuelos de molduras y la buena proporción de los elementos.

Para mi querido compañero Leopoldo Werner construí en 1903 un acueducto situado á 100 metros de altura sobre el barranco del Chorro, en Málaga, muy cerca del puente del ferrocarril.

Werner había proyectado allí un acueducto de hierro, ha-

biéndose ofrecido varios talleres á construirlo; pero nadie se atrevió á montarlo.

Las laderas eran verticales y no era posible montar allí un acueducto de 35 metros de luz, sin un andamiaje costosísimo. Me sometió Werner la dificultad y la resolví de un modo sencillísimo, y, sobre todo, por un precio inverosímil.



Fig. 32. — Acueducto del Chorro (Málaga) á 100 metros de altura.

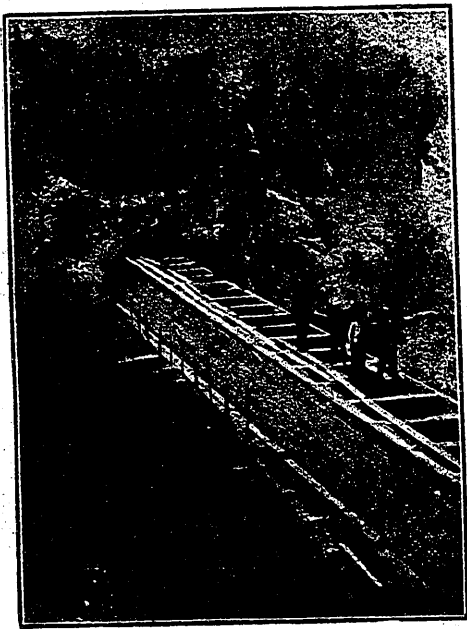


Fig. 33. — Acueducto del Chorro (Málaga) á 100 metros de altura.

Establecí primero un cable de una á otra ladera y de este cable colgué una ligera armadura compuesta de viguetas de doble T, previamente encorvadas en arco de círculo rebajado al 1 por 10, cuyos extremos empotré con hormigón en cajas previamente abiertas en la peña.

Con el mismo cable fui montando sucesivamente otras viguetas paralelas á la primera y con maderos colgados también del cable arriostré estas viguetas entre sí por medio de pasadores.

De esta manera conseguí obtener una serie de arcos metálicos que formaban el alma férrea de mi bóveda. Las había calculado para que por sí solas resistieran el peso de la bóveda de hormigón, y para moldear ésta suspendí de las viguetas un simple tablero de madera.

En veinticuatro horas ejecutamos dicha bóveda, que dejé endurecer lo suficiente para resistir el resto del acueducto.

Sobre la bóveda construí unos tabiques; sobre éstos un tablero; sobre este último las paredes del cajero.

Y he aquí cómo por medio del hormigón armado puede construirse un acueducto de 35 metros de luz, *sin cimbra*, y en un plazo de dos meses.

Hace cinco años que presta este acueducto un servicio continuado, siendo esta una de las obras que mejor evidencian las ventajas inapreciables del hormigón armado.

Muelles y embarcaderos.—En los muelles, que en definitiva son puentes, el empleo del hormigón armado ofrece ventajas inmensas.

El pasado verano conferencí en Vigo con el distinguido Ingeniero Sr. García Arenal, quien me llamaba la atención acerca de los muelles metálicos de aquel puerto, de cuya Junta de obras es Ingeniero Director, en los que, sobre todo en la parte inferior de los pilotes, constantemente sumergidos en el mar, es completamente imposible preservarlos de la oxidación defendiéndolos así de los efectos destructores de la corrosión del mar, por lo que está ya pensando aquel Ingeniero en sustituir los pilotes de hierro, por otros de hormigón armado.

Claro es que otros Ingenieros han pensado lo mismo, y hoy día son ya numerosos los muelles que se construyen de hormigón armado, que tiene, además de la ventaja de evitar su oxidación, la de resistir también, como los muelles de hierro, al choque de los barcos, y además resultan casi siempre más económicos.

Presentaremos algunos ejemplos.

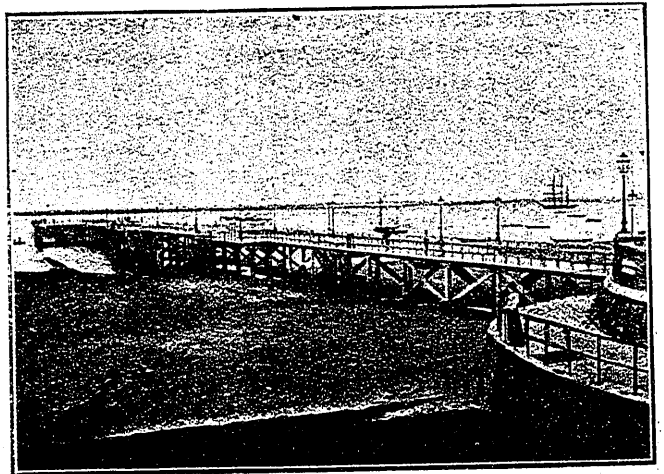


Fig. 34. — Muelle de Arcachon (Francia).

Este es muelle que hay en Arcachón para una pasarela. Su aspecto es el de un muelle de madera.

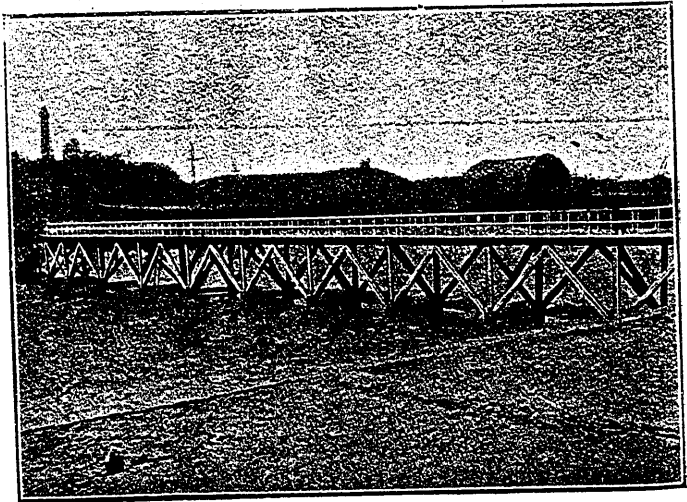


Fig. 35. — Pasarela de Lorient, con pilotes de 21 metros de longitud.

Otro tipo de muelle muy curioso, es el de Wisby (Dinamarca), para una fábrica de cementos.

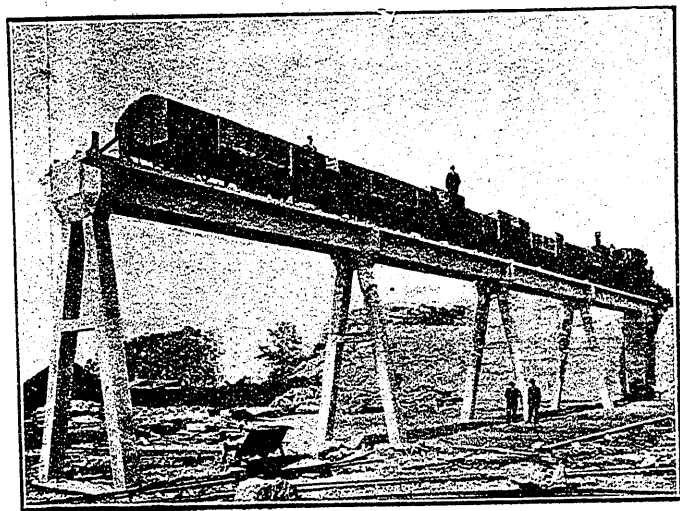


Fig. 36. — Muelle de Wisby (Dinamarca).

Aquí tienen ustedes otro muelle interesantísimo, en Southampton, sobre pilotes que tienen 18 metros de altura, con hin-



Fig. 37. — Muelle de Southampton.

cas de 12 metros, y se ven sobre él las grúas colosales que sirven para la carga y descarga de los barcos.

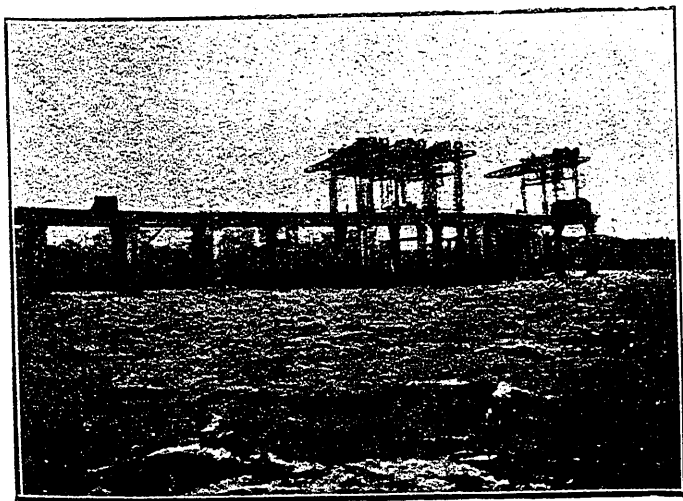


Fig. 38. — Muelle de Dagenham.

Asimismo el muelle de Dagenham, sobre el Támesis, con tramos de mayor luz y grúas de 40 toneladas.

En España tenemos también un ejemplo notable, el muelle de Cala en Sevilla, proyectado y construido por mi distinguido compañero y competidor D. Juan Manuel Zafra.

Esta obra es una de las más interesantes y dignas de estudio, y su resultado ha sido tan satisfactorio, que la Sociedad de Minas de Cala encargó seguidamente al Sr. Zafra un segundo embarcadero.

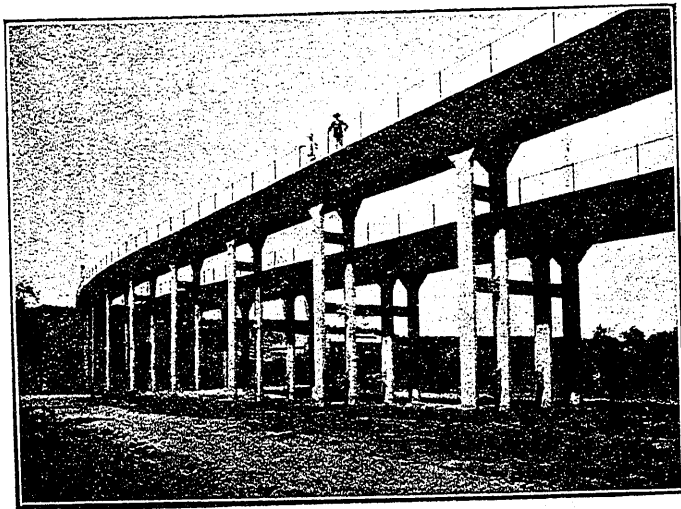


Fig. 39. — Muelle de Cala (Sevilla).

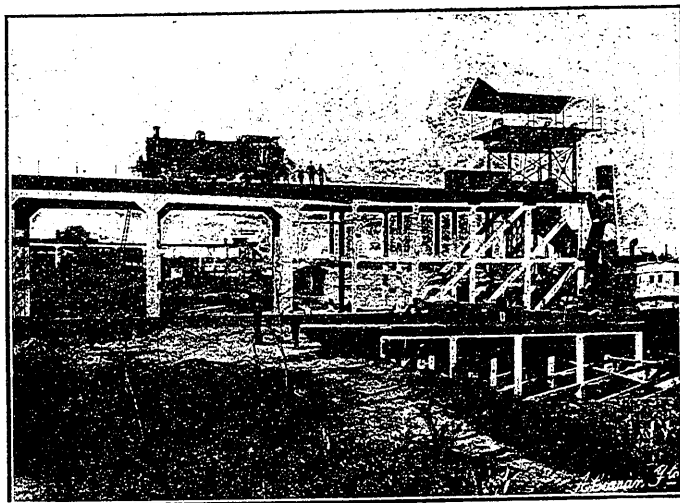


Fig. 40. — Muelle de Cala (Sevilla).

Estos muelles son verdaderos puentes de ferrocarril, y en la fotografía se ven las locomotoras de 48 toneladas que son las que arrastran pesados trenes de mineral de hierro. En las pruebas hechas con trenes de 20 vagones de 20 toneladas, remolcados por aquellas máquinas, se observaron flechas de 2,6 milímetros, que se redujeron a 0,7 de milímetro en el segundo muelle, en el que el Sr. Zafra introdujo algunas mejoras de disposición.

Son estos resultados notabilísimos porque demuestran la enorme rigidez del sistema, y no es menos digno de mencionarse la resistencia de estos muelles a los choques de los grandes barcos, cuyos empujes laterales resisten tan bien ó mejor que los muelles de madera ó hierro.

Pilotes de hormigón armado.— Los pisos de los muelles se calculan y construyen como los demás tableros rectos de puentes que hemos examinado.

Pero la característica original de estas construcciones es el pilote de hormigón armado, por lo que considero interesante dar algunos detalles sobre la hincas de estos elementos.

Muchos Ingenieros han dudado de que pudieran hincarse estos pilotes y de que sus cabezas, de hormigón armado pudiesen resistir los golpes de maza de 2 ó 3.000 kilos, cayendo de 6 y 8 metros de altura.

La experiencia, sin embargo, ha desvanecido estos temores y hoy se hincan los pilotes de hormigón armado con igual seguridad y resistencia que los de madera, según puede apreciarse por las fotografías que á continuación expongo.

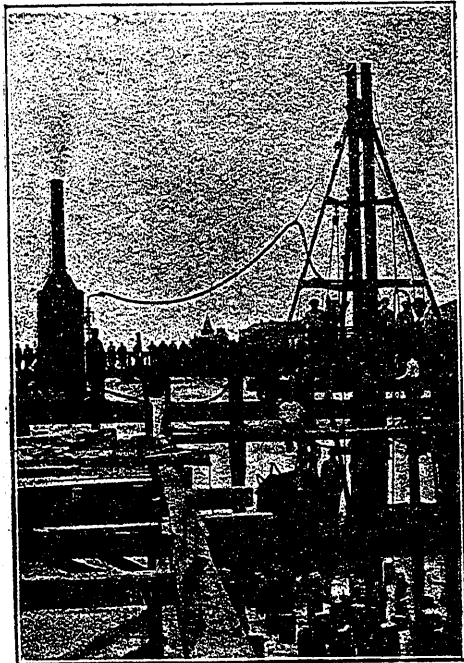


Fig. 41. — Hincia de pilotes de hormigón armado en el puente.

Es la primera la de la hincia de los pilotes del puente de María Cristina en San Sebastián.

Por efecto de la rapidez con que tenía que ejecutar esta obra, necesitaba emplear los pilotes demasiado tiernos, es decir, cuando apenas tenían veinte días de fabricación, y muchos de ellos no hubieran podido resistir los golpes de un martinete de vapor, aun amortiguando el choque con colchones de serrín. Recurrí entonces al artificio de ayudar la hincia por medio de la inyección de agua á presión, y gracias á este medio conseguí colocar en obra hasta 26 pilotes en las dos mareas bajas del día.

Las otras dos figuras representan la operación de la suspensión é hincia de pilotes de 22 metros de altura, y se ve con cuánta facilidad se manejan y colocan esas enormes piezas, cada una de las que pesan cerca de 7 toneladas.

Es, pues, este sistema de fundación y apoyo el que ha de emplearse en lo sucesivo para todos los muelles embarcaderos, y lo he proyectado así para un gran edificio que, con el nombre de Kursaal marítimo, nos proponemos construir en la Concha de San Sebastián, á semejanza de la Yetéc promenade de Niza, y

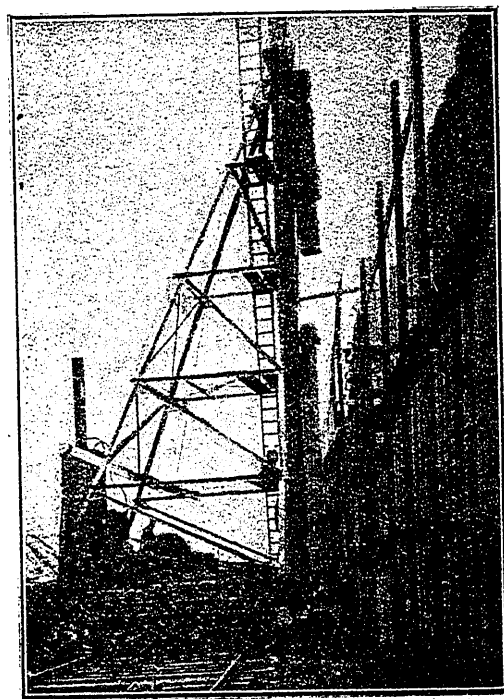


Fig. 42. — Hincia de los pilotes en la estación de Hamburgo.

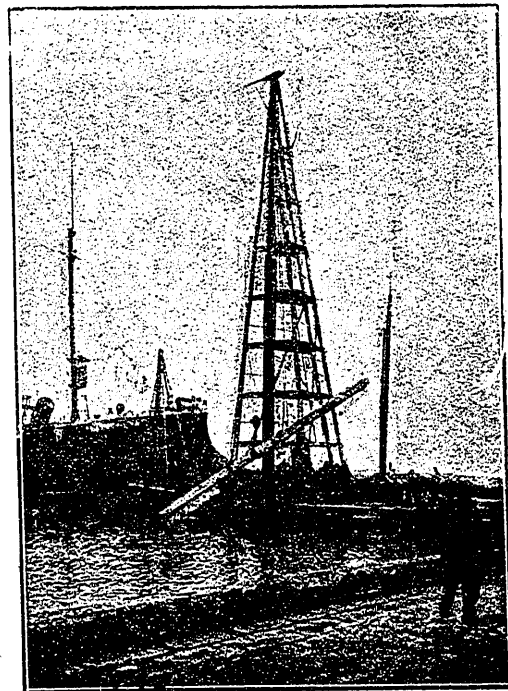


Fig. 43. — Suspensión é hincia de pilotes de 22 metros de altura para el muelle de Nantes.

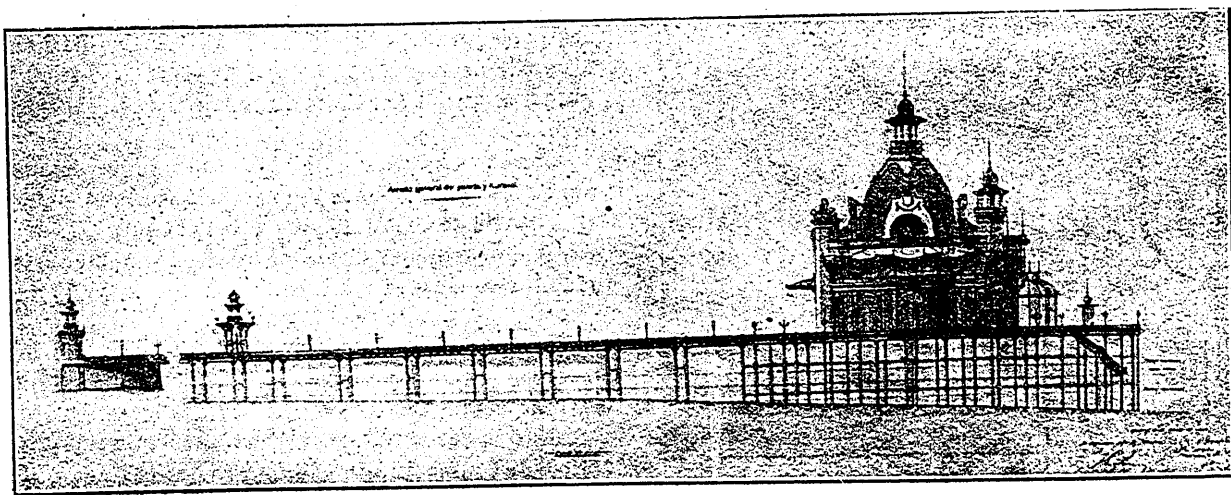


Fig. 44. — Alzado general del puente y Kursaal marítimo, proyectado para San Sebastián.

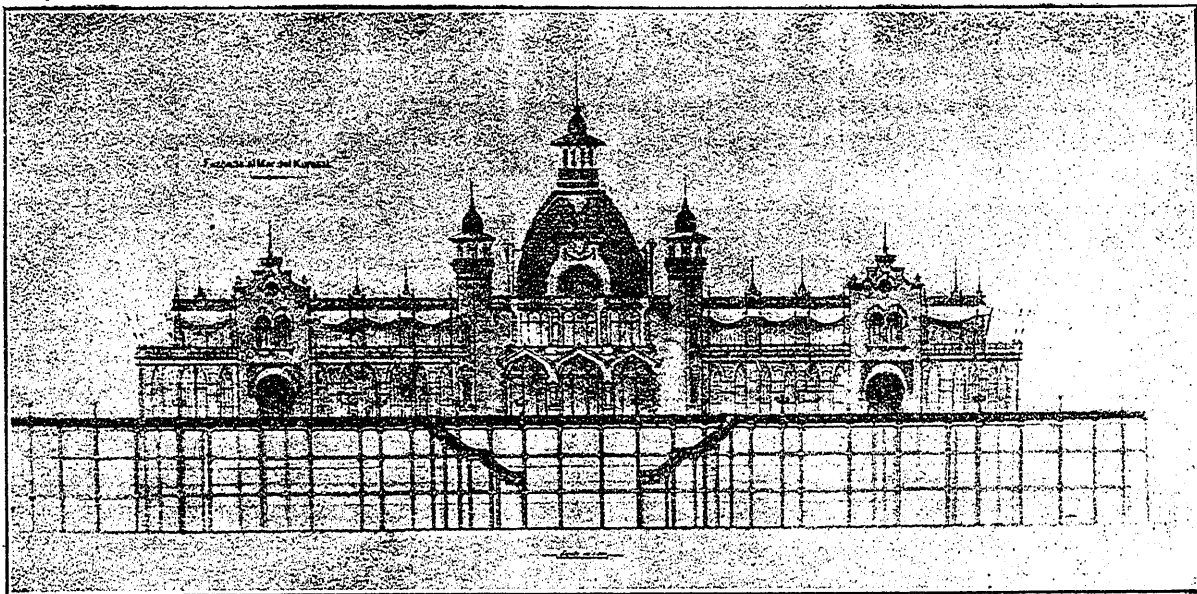


Fig. 45.—Fachada al mar del Kursaal de San Sebastián.

otros muchos Casinos que se han establecido en las playas de moda de Bélgica é Inglaterra.

Puentes en arco.—Pero es aún mayor la variedad de las soluciones que pueden darse á los puentes en arco, y para convencernos de ello bastaría una rápida exposición de algunos de los muchos puentes construídos en el mundo.

Los de Imphy sobre el Loira y el que hemos construído en San Sebastián, tienen, por ejemplo, el aspecto de verdaderos puentes de fábrica, pues no se ven los aligeramientos de los tímpanos, que son longitudinales. Con arreglo á estas ideas estamos ejecutando para el Estado el puente de Valencia de Don Juan (León), compuesto de cuatro arcos de 32 metros de luz.

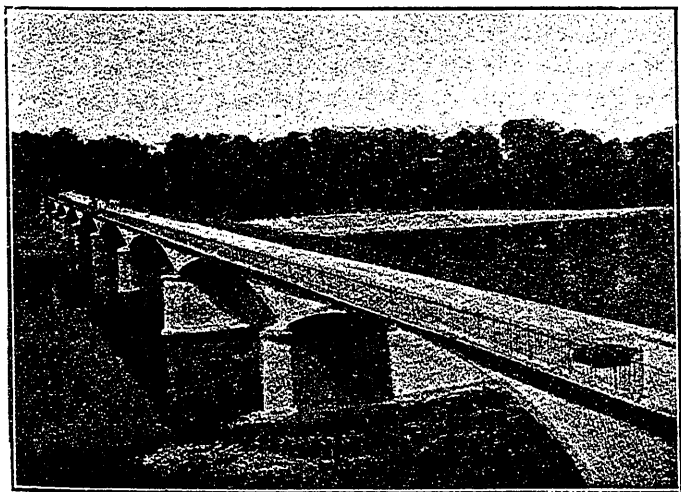


Fig. 46.—Puente de Imphy, sobre el Loira.

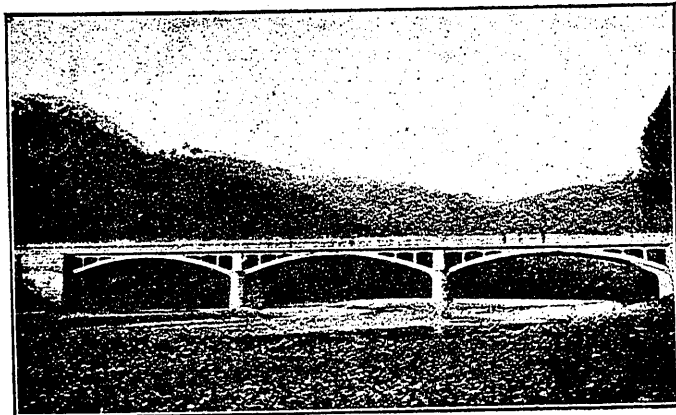


Fig. 48.—Puente sobre el Entella, en Carasco (Italia).

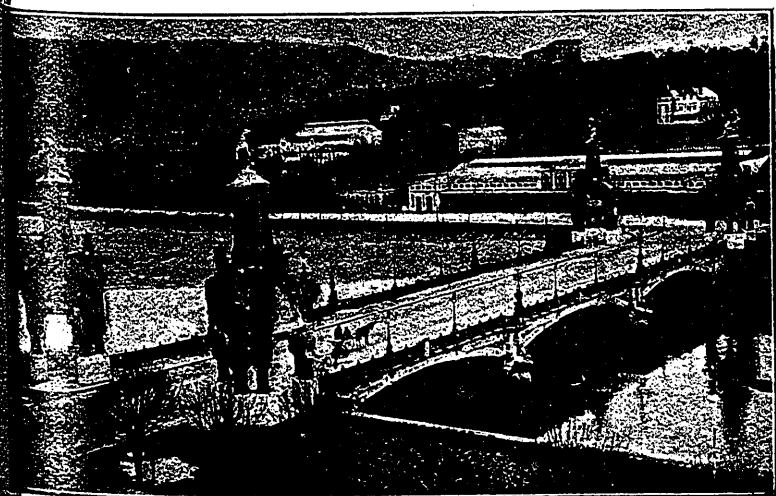


Fig. 47.—Puente de María Cristina, en San Sebastián.

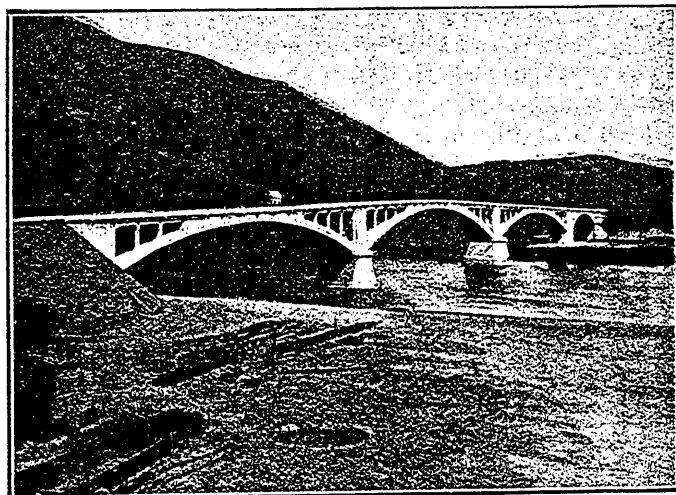


Fig. 49.—Puente sobre el Mosa, en Roulhon (Namur).

Si se aligeran los tímpanos transversalmente se obtiene la disposición empleada en los puentes de Carasco (Italia), Roulhon (Bélgica), y así serán los de Cortegada y Barranco Hondo (Cana-

rias) que estoy ejecutando para S. M. el Rey y para el Estado, respectivamente.

Pero aun se puede ir más allá en la reducción de volúmenes asemejando los puentes de hormigón armado á los de arcos metálicos inferiores, y de este tipo son los puentes que presentamos á continuación.

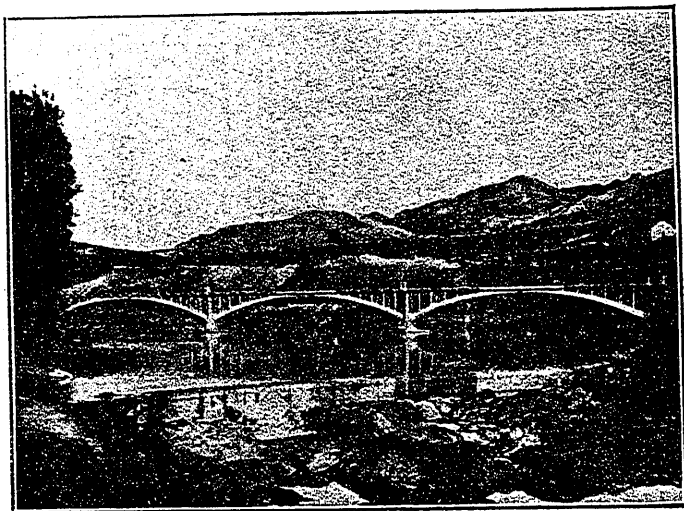


Fig. 50.—Puente de la Peña, sobre el Nervión (Bilbao).

El puente de la Peña sobre el Nervión, en Bilbao, construido por el sistema Hennebique por mi distinguido compañero D. Gabriel Rebollo, es un ejemplo muy interesante. Se trata de un puente muy oblicuo y está formado por arcos desiguales, uno de ellos de 35 metros de luz, y da paso desde hace seis años al tranvía eléctrico de Bilbao á Durango.

(Se continuará.)

LAS INUNDACIONES DE OCTUBRE DE 1907 EN CATALUÑA

(Continuación.)

Corrección de torrentes.

Acordes por completo con nuestro ilustrado compañero señor Sanz al juzgar que la influencia del arbolado en la extinción de los torrentes, podemos decir que entramos ahora en el examen de un fenómeno, que contribuyendo no poco á la inundación y trastorno del régimen de los ríos, es reducido á la impotencia por el arbolado; nos referimos á la corrección de los torrentes.

Las acciones denudadoras de estas corrientes en su tramo superior y las de depósito en su parte baja ó cono de deyección son de tal importancia que, sin duda alguna, constituyen la mayor parte de los perjuicios irrogados por las inundaciones, así por lo irreparable del daño consiguiente al hecho de ser arrastradas las mejores tierras altas y sustituidas por otras tierras ó rocas impropias para el cultivo, y en la zona inferior por la destrucción de los campos recubiertos por capas de gravas y acarrees, como por los trastornos que originan las pesadas corrientes de fangos, lavas frías y grandes masas de arrastres al acumularse en los cauces, en los conos de deyección y en las zonas inundables; por eso, con harta razón dicen los labradores y las gentes del campo que los ríos en sus crecidas se llevan la flor de las tierras superiores.

En la estadística oficial de Obras públicas de 1902 se hacen muy acertadas consideraciones acerca de los distintos proble-

mas relacionados con el fomento de la riqueza pública, consiguándose en cuanto al presente tema que los torrentes, que socavan en la montaña, depositan sus acarrees sobre el llano y divagan por encima de estos mismos depósitos, presentan tres partes bien distintas: cuenca de recepción de sus aguas de forma cónica con laderas muy pendientes; estrecha, profunda y casi vertical garganta, y el cono de deyección, extendiéndose en forma de abanico al entrar en el valle abierto. Estos conos llegan á veces á ocupar 25.000 hectáreas. Sobre ellos, variando constantemente de emplazamiento, se establece el cauce.

De dos maneras se los ataca: con la repoblación de los montes y con las presas de retención de los acarrees.

Para nuestro país es tal extremo de los más dignos de atención, porque tienen carácter torrencial, no sólo los *talwegs* de los denominados torrentes, si que también muchas de las rieras, ramblas y de los que acostumbramos á considerar como ríos.

Á la formación de tales torrentes contribuye la topografía de nuestro país, por ser sumamente accidentado, con grandes desniveles y fuertísima inclinación de laderas, mayormente cuando éstas se hallan formadas por terrenos desagregables desprovistos de vegetación.

Contribuye igualmente á su constitución la circunstancia de ser nuestro clima muy desigual, generalmente seco; pero con lluvias distantes entre sí y torrenciales en muchas ocasiones.

Las aguas acumuladas en los pequeños cauces de laderas, más ó menos abruptas, van socavando el álveo, con tanto mayor resultado, cuanto más intenso es el esfuerzo que reciben y menor es la acción resistente que al mismo puedan oponer, en la cual, además de lo expuesto anteriormente, influyen la cantidad de aguas acumuladas, la densidad de la masa fluida, que llega á ser de 1,8, y la pendiente del lecho, elementos sobre los que nos conviene accionar de un modo ventajoso.

Los agricultores inteligentes procuran evitar que las aguas se reúnan, surquen las tierras y corran precipitadamente, y llenándose la capa superior de las mismas formada por esa envoltente de tierra vegetal, especie de mezcla denominada mantillo, rica en sustancias nitrificantes que recubre las tierras dadas al laboreo; para ello disponen tablas en la superficie del terreno mediante muros ó simples desmontes, sustituyendo al efecto, por una serie de planos, la parte natural de la ladera. Así proceden los labradores de Cataluña, Galicia y de distintas comarcas de España; lo propio que los Cevennaís y los de otros muchos puntos del extranjero.

La cantidad de materiales.—Respecto del cauce propiamente dicho, es preciso impedir que la corriente ponga en movimiento los materiales del álveo, movimiento que depende á la vez de la naturaleza de éstos, de la cantidad de agua y de la pendiente del lecho. En cuanto la fuerza F de impulsión ó de arrastre sea mayor que la de rozamiento, se inicia el movimiento de los materiales con arreglo á la fórmula representada en la siguiente desigualdad:

$$F > \sqrt{\frac{D - \pi L R \cos \alpha}{0,076 \pi}}$$

en la que D , L , R , π y α representan respectivamente la densidad ó peso en kilogramos de un metro cúbico de piedras mezcladas con el agua; la longitud media de las piedras en sentido de la corriente; el coeficiente de rozamiento; el peso en kilogramos de un metro cúbico del líquido, y la inclinación, ó sea el ángulo del lecho, con el plano de horizonte.

El peso de un metro cúbico de la masa fluida de referencia alcanza hasta 1.800 kilogramos cuando la corriente es de fango ó lava fría, siendo á veces tan crecida que bloques de algunas toneladas flotan en ella.

Para hallar la velocidad media V de la corriente, Surell propuso la fórmula siguiente:

$$V = 51 \sqrt{\frac{P S}{M}}$$