A mi querido amigo y colega
D. Nicolás Ruiero
Su afmo

HORMIGÓN Y CEMENTO ARMADO

OBRAS DEL MISMO AUTOR

El tranvía de vapor de Terrelavega á Infiesto y Covadonga.—Estudio sobre los tranvías de vapor.

Puentes de hierro económicos, muelles y faros sobre palizadas y pilotes metálicos.—Segunda edición.

Obra premiada con la cruz de caballero de Carlos III; 258 páginas de texto con 37 figuras intercaladas y 31 láminas en tomo separado.—Precio, 15 pesetas en rústica; 18 pesetas encuadernada.

Estudio sobre el empleo del acero en los puentes, publicado en el Boletín de la *Revista de Obras Públicas* números 7, 9 y 10 de 1896.—Tomo I.

Grandes viaductos, primer tomo de la Biblioteca de la *Revista de Obras Públicas.*

Obra premiada con la encomienda de Carlos III.

Un volumen en 4.° con 30 láminas litografiadas, plegadas por efecto de sus grandes dimensiones, 400 páginas y 100 figuras intercaladas en el texto; lujosamente encuadernada.—16 pesetas.

Acueducto portátil de cemento armado, sistema Unciti.—Folleto.

La Asociación internacional para el ensayo de los materiales de construcción.—Folleto.

EN PREPARACIÓN

Puentes de hormigón armado.

HORMIGON Y CEMENTO ARMADO

MI SISTEMA Y MIS OBRAS

POR

D. JOSÉ EUGENIO RIBERA

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos,
Miembro corresponsal de la Real Academia de Ciencias.

CON UN PRÓLOGO DEL

EXCMO. SR. D. JOSÉ ECHEGARAY

MADRID
IMPRENTA DE RICARDO ROJAS
Calle de Campomanes, núm. 8.—Teléfono 316.

1902

INDICE

PRÓLOGO

Hace tiempo que prometí al autor de este libro un prólogo sobre el libro mismo y sobre el interesante estudio, que en él ha hecho del nuevo material de construcción, que se designa con el nombre de hormigón armado.

En mí tales promesas son fáciles, cuando se trata de ingeniero tan distinguido y de materia tan importante; pero la realización de las promesas es más difícil: tantos son los compromisos, las ocupaciones y los trabajos que me abruman.

Hoy cumplo, pero cumplo á medias, porque en vez de escribir un prólogo, tengo que limitarme á escribir unas cuantas cuartillas.

Ya me ocupé hace tiempo (creo que en una serie de artículos publicada en América) en este mismo problema de la ingeniería, á propósito de otro libro anterior á éste, del mismo autor y sobre el mismo asunto; pero el nuevo trabajo aún tiene más importancia que el precedente, porque trae consigo la sanción de la experiencia.

Así, en el capítulo I se da cuenta de multitud de obras de hormigón armado, dirigidas ó ejecutadas

personalmente desde el año 98 por el Sr. Ribera; nada menos que 16 puentes, entre ellos uno, el de Golbardo, en Santander, formando un arco de 30 metros; unos 15 depósitos, algunos de ellos de gran importancia; 13 fábricas, y 10 entre edificios públicos y particulares: en conjunto, unas 54 obras de dicho material.

En este capítulo I á que nos hemos referido se desarrollan aún los cálculos de dicho sistema en forma clara y precisa, y se consignan los datos prácticos necesarios para la formación de cualquier proyecto.

La obra contiene además multitud de fotografías que la ilustran y completan.

El sistema del hormigón armado es por todo extremo interesante, y en verdad que resulta extraño y al pronto sorprende ver á dos materiales tan heterogéneos al parecer, como son el hierro y el cemento, combinarse mecánicamente, casi hermanarse y constituir elementos de construcción dotados de resistencia homogénea, y en los que, cada una de las partes componentes, trabajan en la forma más adecuada á su propia resistencia.

No es, pues, de extrañar la prudente reserva con que durante muchos años acogieron los ingenieros el cemento armado, fundado en principios que parecían pugnar con las hipótesis más elementales de la Mecánica y hasta con las leyes de la Física.

Pero la intuición del inventor Monier; la tenacidad y el entusiasmo de los que han seguido y perfeccionado aquél sistema, entre los que figura muy

principalmente el inteligente autor de este libro, han ido venciendo todas las resistencias, y las aplicaciones del cemento armado van generalizándose en todos los países; y como sucede con todas las invenciones cuando el éxito las corona, ahora va pareciendo natural y lógico lo que antes parecía casi inadmisible.

¿A qué resiste en mejores condiciones una barra de hierro forjado? A la extensión. En cambio para que resista á compresión resultan dificultades que nacen de la enorme diferencia que hay entre las dimensiones transversales y la dimensión longitudinal. Todo ello es ya sabido por la teoría clásica de esta clase de elementos de construcción.

En cambio, ¿á qué resiste mejor una masa de hormigón ó de cemento? A la compresión, evidentemente. No sería ocurrencia muy feliz la de construir un tirante de hormigón.

Pues demos á cada parte del sistema lo que le falta, y lo que constituye la cualidad esencial de la otra parte. Demos al hormigón fibras, y á las piezas metálicas sección transversal. Y si conseguimos que la unión sea íntima, habremos realizado un material excelente de construcción.

Pues ahora la experiencia tiene la palabra. No puede ya dudarse de que en los pisos construídos con esta combinación de hierro y hormigón, este último material toma sobre sí el trabajo de compresión, y el de extensión aquél; puesto que infinitas obras calculadas en esta hipótesis, y sometidas á cargas muy

superiores á las de un cálculo prudencial, evidencian que las hipótesis se realizaron dentro de los límites de la práctica.

En las bóvedas y en los pilares, la experiencia parece demostrar que el cemento y el acero trabajan simultáneamente por compresión, con la particularidad ventajosísima que las barras metálicas envueltas en hormigón no están expuestas á flexión alguna. Es como si tuvieran, no uno, dos, ó más puntos de apoyo fijos, sino infinitos puntos de apoyo. Está dentro de un estuche pétreo, y dentro de ese estuche tiene que comprimirse.

Esta circunstancia, según dice el autor, ha permitido reducir el peso muerto y las dimensiones de las bóvedas y de los pilares, en proporción tan considerable, que se resiste la vista á aceptar como suficientes los gruesos empleados.

El autor del libro establece como casi iguales los coeficientes de dilatación del cemento y del hierro, circunstancia importantísima, y por otra parte, miles de obras ya ejecutadas prueban la perfecta conservación del metal dentro de su envolvente de mortero hidráulico, que evidentemente le protege contra la acción corrosiva del oxígeno.

De aquí esta conclusión á que llegan los defensores del nuevo sistema. No son de temer, ni las dilataciones del hierro, ni su oxidación, causas que pudieran arruinar el crédito del hormigón armado.

Para concluir, diré que veo con gran satisfacción á mis jóvenes y distinguidos compañeros lanzados en

este nuevo campo de la ingeniería, y extendiendo con sus atrevimientos y sus iniciativas á nuestro país un sistema de construcción ya muy empleado en el extranjero, y que si continúa respondiendo á las esperanzas que en él se fundan, producirá grandes economías en las obras, sin contar con la duración y con la incombustibilidad, cualidades que el autor del libro pone tan claramente de manifiesto.

JOSÉ ECHEGARAY.

INTRODUCCIÓN

Á MIS COMPAÑEROS

Sabido es que la fabricación de los buenos cementos ha generalizado el empleo de los hormigones, simple mezcla de piedra menuda, arena y cemento, que sustituye en muchos casos con ventaja á las costosas sillerías, siempre y cuando se escojan los materiales, se mezclen en conveniente proporción y se ejecute la obra con operarios prácticos y bien dirigidos.

En estos últimos años se ha perfeccionado aún más el uso del hormigón, introduciendo en él barras ó tejidos de hierro ó acero convenientemente distribuídas, dando lugar á las obras de hormigón ó cemento armado, que han producido una verdadera revolución en el arte de construir.

Más de diez mil obras de esta clase, ejecutadas en todos los países, han desvanecido ya las prevenciones con que fueron acogidos estos inventos, y demuestran que su ligereza no está reñida con la resistencia, y que estas obras son completamente *incombustibles*, así como se ha evidenciado que el hierro es absolutamente *inoxidable* cuando se encuentra envuelto por una masa de cemento.

Dedicado desde los comienzos de mi carrera á estudiar puentes metálicos, y posteriormente las múltiples obras de cemento de los puertos de Asturias, forzosamente tenía que interesarme el nuevo sistema de hormigón armado que reunía en sólidos, al parecer homogéneos, dos materiales tan familiares y simpáticos para mí.

Seguí, pues, con interés creciente y desde sus albores los progresos realizados por el nuevo sistema de construcción que estudié en mis viajes al extranjero, y discutí en interesante correspondencia con Ingenieros tan eminentes como Tedesco, Hennebique, Candlot y De Mollins.

Algunas experiencias que efectué me convencieron bien pronto de que el sistema, además de su originalidad, era práctico, ofrecía porvenir brillante y se prestaba á infinitas aplicaciones.

Así es que después de haber proyectado y dirigido las primeras obras de esta clase que en España se han ejecutado, decidí, en vista del éxito obtenido, dedicarme á la construcción de obras públicas y particulares.

Pero entre la infinita variedad de sistemas que se disputan el favor del público, todos ellos con fama más ó menos justificada, era preciso escoger.

Mi experiencia personal me hizo ver bien pronto, los inconvenientes que ofrece la tutela perjudicial de agentes é inventores, interesados, como es natural, en aplicar sus privilegios en toda clase de obras, siendo así que no siempre se amoldan económicamente determinados sistemas, encerrados en los estrechos límites de una patente, á la variedad de aplicaciones y circunstancias locales que en la práctica se presentan.

Hase dado el caso, además, de que en ciertos accidentes ocurridos, como, por ejemplo, en la pasarela de la Exposición de París, de hierro y cemento sistema Mattrai, cuyo hundimiento causó bastantes víctimas y enconadas discusiones, no se han podido depurar las responsabilidades, pues el contratista culpaba al Ingeniero autor del proyecto, y al inventor del sistema, y éste á su vez atribuía el accidente á deficiencias del proyecto ó de ejecución.

Por otra parte, hay que confesar que los elevados derechos de privilegio que algunos inventores perciben, anulan á veces las economías que su empleo permite obtener.

Sistemas hay, por ejemplo, cuyos inventores cobran, además de un derecho de patente, el 10 por 100 de los contratos,

y dase el caso de que los agentes de aquellos sistemas exigen comisiones que llegan á otro tanto. Forzoso es entonces sacar este enorme descuento de 20 por 100 con economías en los materiales y en la ejecución, que suelen ocasionar disgustos, cuando no accidentes.

Por todas estas razones, me ha sido preciso declararme independiente y ecléctico, adoptando las disposiciones que mi experiencia me ha aconsejado, obteniendo al efecto las correspondientes patentes, sin perjuicio de recurrir al sistema Monier, ó al metal desplegado, de acuerdo con sus representantes, para muchos casos en que considero más racional el empleo de estas disposiciones.

De esta manera, asumiendo yo la responsabilidad de los sistemas que empleo, de los cálculos y proyectos que formulo y de las obras que ejecuto, evito los inconvenientes que he enumerado y trabajo con libertad de acción, según mi leal saber y entender.

Pero como la ejecución de mis obras ha despertado en los Ingenieros y Arquitectos el deseo de conocer con algún detalle los fundamentos de mi sistema y las aplicaciones diversas que he realizado, y me veo diariamente solicitado para facilitar datos y dibujos, creo útil reunir en este folleto un ligero resumen del estado de la cuestión, que dedico á mis compañeros y colegas, ya que á su benevolencia y simpatía debo la inmerecida aureola de apóstol del hormigón armado, con que me califican, humorísticamente quizá.

Madrid, Diciembre 1902.

J. Eugenio Ribera.

CAPITULO PRIMERO

Descripción y cálculos de mi sistema de hormigón armado.

No es ya discutible la importancia que han adquirido las construcciones de hormigón y cemento armado, y pocos son los Ingenieros y Arquitectos que no se han rendido ante la evidencia del éxito. En España se ha seguido con creciente interés esta cuestión, y basta hojear las Revistas profesionales para convencerse del lugar preferente que se otorga á cuanto se relaciona con este nuevo sistema de construcción, que sustituye con gran ventaja, en muchos casos, á los que hasta ahora se han seguido.

Los cinco años que llevo estudiando teórica y prácticamente la cuestión, me permiten ya emitir una opinión razonada y justificar las disposiciones y cálculos que empleo en las obras que proyecto y ejecuto.

Obras ejecutadas ó dirigidas por mí.—Como testimonio del interés con que he seguido esta cuestión, considero útil indicar aquí las obras de hormigón y cemento armado que he dirigido ó ejecutado personalmente desde el año 1898.

Puentes.

Puente de Ciaño, Asturias, del Estado.
Puente de Candin, Asturias, Ayuntamiento de Langreo.
Puente del río Turbio, Asturias, Ayuntamiento de Mieres.
Puente de Vegadotos, ídem íd. íd.
Pontón de Santa Rosa, ídem íd. íd.
Puente de Gijón. Exposición de 1899. Medalla de oro.
Puente de Cabojal. Ayuntamiento de Mieres, Asturias.
Puente de la Cuadriella. Idem íd. íd.

Paso suporior de Cieza, Ferrocarril del Mediodía, Murcia.
Puente de Valdecuna. Ayuntamiento de Mieres, Asturias.
Ensanche del Puente de la Guía, Gijón, para el Estado.
Puente de Colloto. Fábrica de celuloide, Asturias.
Reparación del Puente de Santullano, Asturias, del Estado.
Puente de la Fandería. Ayuntamiento de Rentería, Guipúzcoa.
Puente-acueducto sobre el Araxes, de 60 m., Tolosa.
Puente de Golbardo, un arco de 30 metros, Santander.

Depósitos.

Depósito de agua en Llanes. 1.000 m³ (Asturias).
Depósito de agua en Sama. 500 m³ (Asturias).
Depósito de agua en Valdesoto. 70 m³ (Asturias).
Silos para cemento en Tudela Veguín, para 2.500 toneladas.
Depósito de agua en Ciaño, Asturias. 60 m³.
Depósito de agua en Tudela Veguín, Asturias. 50 m³.
Depósito de agua en Guadalajara. Palacio asilo. 1.000 m³.
Revestimiento del depósito de agua de Mieres. 2.000 m³.
Depósito para melazas en Arganda. Azucarera de Madrid 300 m³.
Depósito de agua en León. Papelera Leonesa. 70 m³.
Nuevos silos para 2.500 toneladas de cemento, en Tudela Veguín.
Depósito de agua en Colloto. Fábrica de celuloide, Asturias.
Nuevo depósito para melazas en Arganda. Azucarera de Madrid. 300 m³.
Revestimiento de un sótano para depósito de melazas, en Arganda. Azucarera de Madrid. 500 m³.
Nuevo depósito de aguas de Gijón, de 20.000 m³.

Fábricas.

Fábrica de portland en Tudela Veguín, Asturias. Todos los pisos y columnas.
Fábrica de harinas de Badajoz. Todo el edificio.
Almacén de azúcar en Lieres. Pisos y columnas.
Fábrica de gas. Oviedo. Varios pisos.

Almacén de azúcar de Villalegre (Asturias). Todos los pisos y columnas.

Casa de máquinas en Mieres. Una cubierta.

Central eléctrica de Zamora. Todos los pisos y columnas.

Fábrica de ladrillo piedra (Madrid). Todas las columnas y cubiertas.

Papelera del Araxes (Tolosa). Varios pisos.

Fábrica de almidón (Hernani). Todos los pisos y pilares.

Fábrica de productos cerámicos (San Sebastián). Todos los pisos y pilares.

Fábrica de productos químicos del Aboño (Gijón). Todas las soleras de cimentación.

Fábrica de cervezas El Águila Negra (Asturias). Dos cubiertas-terrazas.

Edificios públicos y particulares.

Cárcel modelo de Oviedo. 8.000 metros cuadrados de pisos.

Palacio consistorial de Eibar. Todos los pisos.

Estación de Huete. Compañía del Mediodía. Todo el edificio.

Teatro de Avilés. Todos los pisos y columnas.

Banco Guipuzcoano. San Sebastián. Idem íd.

Nueva cárcel de Bermillo. Zamora. Todos los pisos.

Terraza del hotel de D. J. Escriña. Oviedo.

Solera de cimentación en el Palacio Real de Madrid.

Pisos y columnas del cuartel de Gijón.

Soleras y revestimientos de los sótanos del Banco Español de Crédito (Madrid).

Como se ve, he construído en hormigón y cemento armado 16 puentes, 15 depósitos, 13 fábricas y 10 edificios, y la práctica que he adquirido con estas 54 obras, cuyo número no ha sido alcanzado seguramente por ninguno de los que ahora se dedican á esta clase de construcciones, me permite formular un juicio exacto sobre las disposiciones y métodos de cálculo que considero preferibles.

Diversidad de sistemas.—Son ya numerosísimos los sistemas y patentes que se disputan la preferencia, y para demostrarlo me bastará citar los más conocidos: Monier, el más antiguo, Cottancin, Coignet, Hennebique, Tedesco, Bonna, Melan,

Wayss, Dubois, Boussiron, Mattrai, Golding, Bordenave y Unciti. Todos ellos han construído numerosas obras, y raro ha sido el caso en que los resultados no han superado á las promesas y no han producido nuevos adeptos del cemento armado.

Pero comprendiendo yo que para conocer á fondo estos sistemas era menester practicarlos comparativamente, en las obras que antes enumeré, además del sistema Hennebique, he empleado varias veces el sistema Monier, otras el Coignet, Dubois y Boussiron, y, por último, en muchas apliqué disposiciones personales que he ido perfeccionando poco á poco.

No me corresponde á mí hacer la crítica de los diversos sistemas, pero séame permitido exponer algunas observaciones de carácter general, que seguramente no lastimarán intereses respetables.

Los sistemas de cemento armado pueden subdividirse en dos categorías desde el punto de vista de su aplicación.

En algunos, se afina hasta el límite la proporción del hierro y del cemento, pero entonces se precisa en la ejecución una mano de obra delicadísima y costosos andamios y moldes. Si además de estos aumentos de gasto, se añaden los elevados derechos de privilegio y comisiones que perciben sus inventores y representantes, que alcanzan á veces el 20 por 100 del presupuesto total de las obras, se comprende que la economía obtenida en los materiales resulta muchas veces ilusoria en la práctica.

Otros inventores, preocupados en reducir el *gasto muerto,* por decirlo así, de madera y mano de obra, y evitar la contingencia de los defectos inevitables de ejecución, refuerzan las armaduras metálicas y riqueza de los morteros, pero llegan entonces en muchos casos á resultar tan caros como los sistemas ordinarios de construcción.

Entre ambos criterios característicos, creo que cabe un buen término medio, y á este efecto he imaginado el sistema que paso á describir, y que por los excelentes resultados que me ha dado en la práctica, confirma la racionalidad de sus disposiciones.

Descripción de mi sistema.—Las figuras 1 y 1′ *A* representan secciones longitudinales de dos tipos de vigas, y las

figuras 2, 3, 4 y 5 las secciones transversales de las varias disposiciones que puede dársele según los casos.

Como se ve, empleamos una armadura simétrica, si bien los hierros de la zona inferior tienen mucha mayor sección que los que se sitúan en la parte superior.

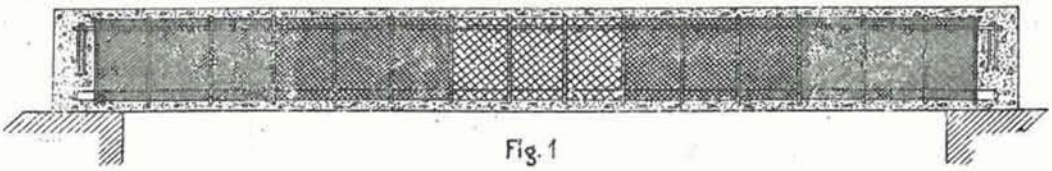


Fig. 1

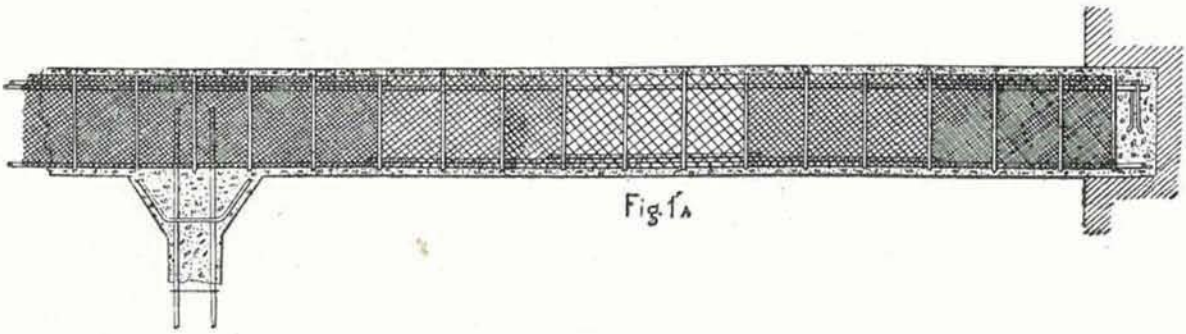
En estas armaduras se emplean únicamente barras rectas, pues hemos observado que las barras curvas preconizadas por algunos inventores, dificultan mucho la mano de obra, y es difícil conseguir que se mantengan en planos verticales, por la natural tendencia que tienen á torcerse, al efectuar el apisonado del hormigón.

La armadura inferior es la que principalmente resiste á los esfuerzos de tensión, que, como es sabido, se acumulan sobre todo en la parte inferior de las vigas.

La armadura superior tiene por objeto resistir á los esfuerzos de tensión que se determinan en esa parte de la viga, por efecto del mayor ó menor empotramiento de las cabezas, ayuda al hormigón á resistir á los esfuerzos de compresión dando homogeneidad á su resistencia, y sobre todo al apoyarse, como se ve en las figuras 2 y 3, sobre las barras del forjado, permite obtener una solidaridad completa entre todas las piezas de hierro del entramado.

Esta armadura superior que suprimen algunos constructores, aumenta, es verdad, si bien en pequeña proporción, el peso del hierro de las vigas, pero si se quiere, y el aumento resultara sensible, fácil sería anularlo, disponiendo estas armaduras en forma de igual resistencia, como se ve en la figura 1' *A*, es decir, no poniendo más hierros que los necesarios en cada punto de la viga, aumentando el número de éstos en el centro de la parte inferior y en los extremos de la superior, con arreglo á la curva de los momentos flectores, y merced á la enorme adherencia entre el cemento y el hierro, que es de 25 kg. por cm² como mínimo, puede considerarse

que las barras superpuestas y unidas únicamente con fuertes ataduras de alambre, trabajan como sólidos de igual resistencia, ejerciendo la envolvente de cemento el papel de soldadura.



Esta disposición, análoga á la que se emplea en las vigas de puentes de hierro, en las que se distribuyen las chapas de las cabezas, con arreglo al diagrama de los momentos flectores, permitirá sin duda alguna, en muchos casos, una economía sensible de metal, sin el menor perjuicio para la resistencia de la obra, puesto que el momento resistente de cada sección se hace proporcional á los momentos flectores correspondientes.

Pero en lo que más se distingue nuestro sistema de todos los demás es en la manera de enlazar las dos armaduras de la viga.

Consiste nuestro enlace en una tela metálica (también se puede emplear el metal Déployé), de alambre de acero recocido que rodea toda la viga y forma así una doble celosía á 45°, á cuyos alambres pueden darse los gruesos y la separación que convengan, distribuyendo sus resistencias con arreglo á la ley de los esfuerzos cortantes, de la misma manera que se hace en los puentes de hierro, es decir, con tejido más fuerte cerca de los apoyos, y disminuyendo hacia el centro.

Para completar la solidaridad entre todo el entramado, y además para mantener el tejido metálico perfectamente vertical durante el apisonado del hormigón, se disponen horquillas de hierro redondo cada medio metro, por ejemplo, atadas en tres puntos al tejido metálico.

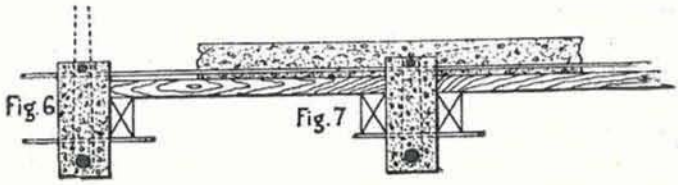
Una vez lleno de hormigón el molde de la viga, y colo-

cadas las barras transversales del forjado y sobre éstas la armadura superior de la viga, se doblan las horquillas por encima de aquélla, en la forma que se representa en las figuras 2 y 3, y asimismo se dobla la parte sobrante de la tela

metálica, de manera que estos elementos queden en la parte superior del forjado y resistan á los pequeños esfuerzos de tensión que en esa zona se producen por efecto del empotramiento del mismo, así como á los esfuerzos cortantes, que son siempre mayores en las inmediaciones de los apoyos.

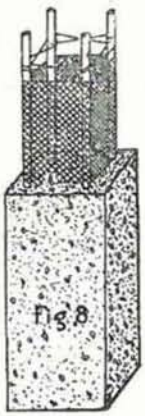
Con disposiciones idénticas se puede aplicar mi sistema á las bóvedas como se indica en las figuras 4 y 5, y á la cons-

trucción de viguetas transportables, figuras 6 y 7. Estas tienen la ventaja de la gran rigidez obtenida en todos sentidos



por el tejido metálico y la armadura superior, lo que les permite sufrir los inevitables choques causados por los transportes, y resistir el peso de los moldes y forjados mientras éstos se construyen, lo que no puede hacerse con las vigas de una sola armadura, que sólo adquieren su resistencia cuando el forjado se ha endurecido y absorbe la mitad del momento flector.

Los pilares de mi sistema (fig. 8), que están constituídos por barras de hierro laminado, arriostradas entre sí por medio de enlaces de alambre, que se colocan en planos horizontales situados á $0^m,50$ de distancia próximamente, y en los casos en que se teman esfuerzos transversales, se refuerza con una envolvente de tejido metálico.



De esta manera, se asegura la perfecta verticalidad de las barras durante el apisonado, ofreciendo estos enlaces la ventaja de no seccionar el hormigón de los pilares en trozos pequeños, como suele ocurrir con algunos enlaces formados por flejes.

Procedimiento de cálculo del cemento armado.

Deficiencias de todas las teorías.—En estos últimos años se ha publicado un gran número de teorías para calcular los elementos que constituyen el hormigón armado, y la mayor parte de ellas han dado lugar á discusiones, apasionadas á veces, entre los Ingenieros que se han ocupado de esta cuestión.

Tedesco, Coignet, Hennebique, Dubois, Stellet, Lefort, Rabut, Bouhorps, Harel de la Noé y Considère han procurado demostrar las leyes que rigen los fenómenos de la flexión y aún no han llegado á un acuerdo completo.

Pero como se ha dicho ya, mientras los sabios discuten, los inventores construyen, y el éxito viene á dar la razón á los más atrevidos.

Yo, que desde hace años voy siguiendo con creciente interés cuanto se escribe sobre esta materia, y que he redactado varios proyectos empleando la mayor parte de las teorías, me he convencido de que si bien las hipótesis ó principios en que se fundan todas ellas son racionales, resultan incompletas las fórmulas muchas veces y es necesario el buen sentido del proyectista para rectificar ó subsanar los errores y deficiencias de la teoría.

Por lo demás, esto mismo ocurre con todos los problemas de la Ingeniería, aun en los más vulgares.

Pues qué, ¿no son hipótesis discutibles las que se admiten sin embargo como axiomáticas, respecto á la distribución de

los esfuerzos en las vigas de celosía? En éstas se supone que sólo las cabezas de las vigas resisten á los momentos flectores y la celosía al esfuerzo cortante, y sin embargo, no es así, por cuya razón los constructores suplen con montantes y arriostramientos, proyectados *ad libitum,* las debilidades que adivinan.

En el cálculo de bóvedas y de muros, ¿no se admite la hipótesis del monolitismo de los macizos, ó de cierta situación de la curva de presiones? A causa de esta indeterminación inevitable de la mayor parte de los problemas de construcción, nos vemos precisados á adoptar coeficientes de seguridad enormes que exceden de 4 en las construcciones metálicas y de 2 en las de fábrica.

Análogas precauciones se toman en los cálculos del cemento armado, no haciendo trabajar á los materiales sino á coeficientes muy inferiores á su resistencia efectiva y prescindiendo además de circunstancias favorables que contribuyen á garantir la solidez de las obras. Déjase así un margen snficiente para todos los esfuerzos secundarios que puedan producirse y no sean susceptibles de traducirse en fórmulas, y aun para ciertas imperfecciones de mano de obra ó deficiencia en los materiales.

De todas suertes, la base de los cálculos debe ser un conocimiento perfecto ó la intuición por lo menos de la manera con que trabajan los elementos, lo que permite disponer éstos en forma racional; pero es además preciso un gran dominio de las reglas de la Mecánica aplicada, para emplear con oportunidad y en cada caso los procedimientos y las fórmulas usuales de aquella ciencia.

Así me he ido formando, poco á poco, mi criterio práctico-científico sobre la determinación de los elementos que constituyen las obras de hormigón armado, fundándolo sobre el éxito de mis experiencias y 54 obras, y voy á justificar las fórmulas de más corriente aplicación, que considero como las más prácticas, si no las más exactas.

Cálculo de los pilares. —Creo que todos los constructores están de acuerdo sobre el procedimiento que conviene emplear para el cálculo de estos pilares.

Los datos del problema son: La carga máxima P que ha

de actuar sobre cada uno de ellos y la sección S que por razones estéticas ó industriales ha de darse al pilar.

R_c y R_T los coeficientes de trabajo del hormigón á la compresión y del hierro á la tensión ó compresión (sabido es que puede admitirse para el hierro la igualdad de resistencia en ambos sentidos), y S_c y S_T las secciones respectivas que el hormigón y el hierro han de tener en cada pilar.

Como el hierro empotrado en el hormigón no puede tener flexión, pues que además del empotramiento total, quedan las barras sujetas por las ligaduras de alambre, no hay que tener en cuenta la altura de las columnas, como ocurre generalmente.

Tendremos, pues:

$$S = S_c + S_T$$

$$P = S_c R_c + S_T R_T.$$

Eliminando S_c, tendremos:

$$P = (S - S_T) R_c + S_T R_T;$$

de donde

$$S_T = \frac{P - S R_c}{R_T - R_c},$$

obteniéndose así la sección de los hierros necesarios, que se divide en el número de barras que se quiera, cuatro generalmente.

Cálculo de los forjados.—Se considera un elemento de forjado de ancho *l* apoyado ó empotrado sobre dos muros ó vigas separadas por una luz L.

Este elemento es una pieza prismática, y cuando por efecto de una carga uniforme ó aislada se somete á flexión, una parte de las fibras ó elementos longitudinales se alargan,

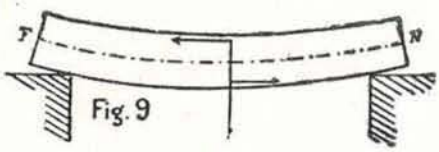


Fig. 9

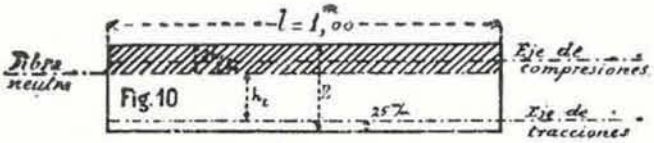
otra parte se acorta; estos dos trabajos iguales y de sentido contrario constituyen un *par*, que es precisamente el momento flector en la sección que se considera (fig. 9). La fibra neutra

es aquella en que los esfuerzos de tracción y compresión son nulos.

Como es sabido, todas las teorías del hormigón armado están fundadas en la idea de hacer trabajar al hormigón á la compresión, dejando al hierro absorber los esfuerzos de tracción.

Hay, pues, que determinar las secciones de ambos materiales, de manera que cada uno de ellos pueda resistir á la mitad del momento flector, equivalente, como hemos dicho, á un par de fuerzas iguales y en sentido contrario.

Sea, pues, un forjado de espesor E y de peso propio p so-



metido á la acción de una sobrecarga uniformemente repartida por unidad superficial p' (fig. 10).

El momento flector en la pieza prismática que antes consideramos, será, suponiéndola simplemente apoyada, y para un ancho $l = 1^{m},00$:

$$M_f = \frac{1}{8}(p + p')\,L^2.$$

Si llamamos

$$h_c \text{ y } h_t$$

las distancias de los ejes de las compresiones y tensiones á la fibra neutra, es decir, los brazos de palanca de los semimomentos resistentes;

$$R_c \text{ y } R_t$$

los coeficientes de trabajo del hormigón y hierro, tendremos que el momento resistente de la zona comprimida será, suponiendo que la compresión se reparta uniformemente (*),

$$(l \times 2h_c)\, h_c \times R_c = \frac{1}{2} M_f\,,$$

(*) Esta hipótesis es la que ha admitido Mr. Hennebique, y le ha permitido deducir las fórmulas consiguientes.

de donde deducimos, haciendo $l = 1^m,00$:

$$2\,h_c = \sqrt{\frac{M_f}{R_c}},$$

con lo que queda determinada la situación de la fibra neutra.

Calculemos ahora la sección de los hierros necesarios para equilibrar el momento de tracción.

Como estos hierros se sitúan en los forjados á una distancia de su fondo, que la práctica aconseja de 25 mm., tenemos por de pronto

$$h_t = E - (2\,h_c + 25),$$

y como el espesor E es un dato del problema, que los constructores fijan *à priori,* con arreglo á las luces, cargas y destino del forjado, obtenemos así el brazo de palanca del semimomento de tracciones.

El momento resistente de los hierros, llamando S la sección total de todos los que comprende una zona de forjado de 1^m de ancho, será pues:

$$S \times h_t \times R_t = \tfrac{1}{2}\,M_f\,,$$

de donde

$$S = \frac{M_f}{2\,h_t\;R_t},$$

cuya sección se divide en el número de hierros que se considere conveniente, de manera que su distancia no exceda de $0^m,20$.

Si en lugar de estar simplemente apoyado, estuviese el forjado empotrado en muros ó en vigas de hormigón armado, se reduce el momento flector, pues es sabido que para piezas empotradas

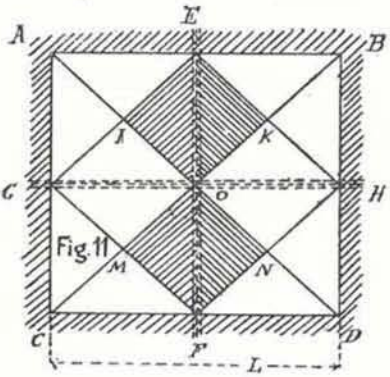
$$M_f = \frac{1}{12}\,P\,L^2.$$

Pero como este empotramiento absoluto no existe nunca. la experiencia ha sancionado que puede adoptarse como expresión del momento

$$\frac{1}{10}\,P\,L^2,$$

que es el término medio.

Forjados sobre cuatro muros. — Sea (fig. 11) un forjado A B C D, cuadrado de lado L, y apoyado sobre los cuatro



muros, y supongamos que se agrupan en los centros E F y G H todas las barras cruzadas que se ponen en estos casos.

Es evidente que, al cruzar las barras, repartirán uniformemente sobre los cuatro muros la carga total P que tengan que soportar, que supondremos uniformemente repartida.

A las barras E F, por ejemplo, corresponde la carga de los triángulos E I O — E K O — F M O y F N O, ó sean $\frac{4}{16}$ de la totalidad, es decir, $\frac{P}{4}$.

El momento flector correspondiente á estas barras E F, será pues:

$$M_f = \frac{P}{4} \times \frac{L^2}{8} = \frac{P\ L^2}{32}.$$

Si suponemos un semiempotramiento de estas barras, el momento sería

$$M_f = \frac{P}{4} \times \frac{L^2}{10} = \frac{P\ L^2}{40}.$$

En la práctica, y para mayor seguridad, se aplica un término medio, es decir:

$$M_f = \frac{P\ L^2}{36}.$$

Si en lugar de suponer las barras E F concentradas en una línea, se las supone repartidas en una zona de forjado de 1^m de ancho, obtendremos así, siguiendo el método de cálculo

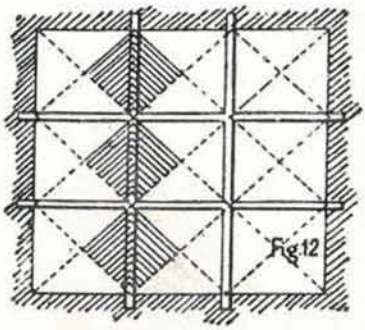
anteriormente expuesto, la sección de las barras correspondientes á un metro de forjado.

Esta fórmula es aplicable para forjados rectangulares, siempre que uno de los lados l no sea inferior á la mitad del otro l', y, en este caso, la fórmula práctica del momento flector será:

$$M_f = \frac{P}{36} \left(\frac{l + l'}{2}\right)^2 .$$

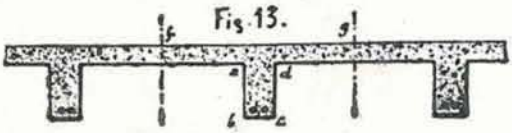
Igual razonamiento puede aplicarse, en el caso en que por las excesivas dimensiones del forjado, se crea conveniente reforzarlo con vigas cruzadas, pues si suponemos que las barras EF y GH de la fig. 11 son de unas vigas, la carga que corresponde á cada viga sigue siendo la cuarta parte de la carga total.

Si se pusieran cuatro vigas (fig. 12), la carga correspon-



diente á cada viga sería la novena parte de la total, y así sucesivamente.

Cálculo de las vigas.—Para calcular las vigas de cemento



armado, casi todos los constructores admiten una solidaridad completa entre la viga propiamente dicha *a b c d* (fig. 13) y los dos trozos de semiforjados adyacentes *af* y *dg*, y ésta

es precisamente una de las principales ventajas de estos sistemas.

En todos los pisos ordinarios constituídos por vigas de madera ó hierro, los forjados cargan sobre las vigas y contribuyen sensiblemente á aumentar su flexión. En los pisos de cemento armado, por el contrario, los forjados de hormigón constituyen la cabeza superior de la viga en simple T que forman con el alma de la viga, y se comprende perfectamente que si damos á esas zonas de forjado de hormigón las dimensiones necesarias, su momento resistente podrá ser superior al semimomento de flexión, en cuyo caso la sección de las barras de la armadura inferior de la viga, sólo tendrá que resistir al otro semimomento flector.

Análogamente á lo que se ha supuesto en los forjados, se prescinde de la resistencia que pueda tener el hormigón de las vigas propiamente dichas, que se considera como envolvente de la armadura; pero claro es que esta hipótesis algo favorece nuestro cálculo.

Supongamos el caso de una viga de longitud L, cuyo peso propio, incluso el del forjado adyacente, sea p, y cargada uniformemente con un peso p' por metro lineal.

Su momento flector será

$$M_f = (p + p') \frac{L^2}{8} = \frac{P L^2}{8};$$

llamaremos H_c y H_T (fig. 14) las distancias de los ejes de

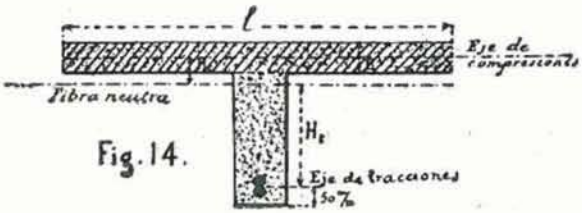


Fig. 14.

compresiones y tracciones á la fibra neutra de esta viga heterogénea, ó sean los brazos de palanca de los momentos resistentes respectivos.

Como generalmente la superficie del hormigón de la viga, superior á la fibra neutra, es muy pequeña con relación á la del forjado, se prescinde de ella en la práctica, pues si se

tuviese en cuenta, llegaríamos á una ecuación de segundo grado algo penosa y los resultados no diferirían sensiblemente de las fórmulas mucho más rápidas que se emplean.

Los datos del problema son las dimensiones del forjado (ancho y grueso), y la altura de la viga, elementos que se fijan por la práctica cuando no están impuestos por circunstancias especiales.

Por lo tanto, para determinar la situación de la fibra neutra, basta establecer la ecuación análoga á la de los forjados, en la igualdad del semimomento flector y del momento resistente de la cabeza de compresión, es decir:

$$\frac{1}{2} M_f = l \times E \times H_c \times R_c$$

siendo R_c el coeficiente de trabajo del hormigón ó la compresión; de donde:

$$2 H_c = \frac{M_f}{l E R_c}.$$

La práctica determina también que el eje de tracciones, es decir, el centro de gravedad de los hierros constituyentes de la armadura inferior de la viga, debe colocarse á 5 centímetros próximamente por encima del fondo de dicha viga.

Siendo A la altura de ésta, tendremos, pues, que el brazo de palanca de los hierros será:

$$H_T = A + \frac{E}{2} - (H_c + 0{,}05).$$

Y si llamamos S la sección de los hierros y R_T el coeficiente de trabajo del metal, tendremos:

$$\frac{1}{2} M_f = S \times H_T \times R_T;$$

de donde:

$$S = \frac{M_f}{2 H_T R_T},$$

que nos da la sección de la armadura inferior, que se puede dividir en el número de barras que convenga.

Puede ocurrir que al deducir el valor de $2 H_c$, resulte inferior al de E, lo que haría suponer que la fibra neutra queda dentro del forjado y que, por lo tanto, la zona inferior de éste estaría sometida á esfuerzos de tensión, y como esto no conviene, porque el hormigón podría agrietarse, deben reducirse las dimensiones del forjado, puesto que éste resulta excesivo. Pero si por consideraciones especiales no conviniera reducir dicho forjado, entonces es menester dar á los hierros la sección necesaria para que equilibren el semimomento flector, con una posición de la fibra neutra que quede por debajo del forjado.

A este efecto, se admite *a priori* que la fibra neutra quede 1 ó 2 centímetros por debajo del forjado y se deduce la sección de los hierros con esta hipótesis.

Cálculo del esfuerzo cortante.—Además de la resistencia al momento flector, deben los forjados y vigas resistir al esfuerzo cortante, que es sobre todo sensible en los puentes al paso de los carros.

Se determinan, pues, los esfuerzos cortantes por las reglas ordinarias de la mecánica y se comprueba si la sección de los hierros de las armaduras inferior y superior (recuérdese que en mi sistema pongo una armadura superior) y la de los alambres que constituyen el tejido metálico que se adopte *a priori,* resisten á dicho esfuerzo. Si no fuesen suficientes, se aumentaría el grueso de los alambres del tejido metálico en la proporción necesaria, calculándose ésta como una celosía ordinaria.

Para esto, basta tener presente que los alambres del tejido que ordinariamente empleamos, están inclinados á 45°: por lo tanto, la sección resistente de la celosía será

$$\frac{n\,s}{\cos.\,45^\circ} = \frac{n\,s}{1{,}41},$$

siendo n el número mínimo de alambres cortados por un plano vertical y s la sección de cada uno de ellos.

Como el esfuerzo cortante es máximo en los apoyos, puede darse un grueso mayor al tejido metálico inmediato á las cabezas de las vigas y reducirlo en su parte central. También puede aumentarse el grueso de la armadura superior en la

zona inmediata á dichos apoyos, poniendo una pequeña barra suplementaria.

Coeficientes de trabajo. — Varían según las disposiciones adoptadas y la riqueza de las mezclas de hormigón.

Cuando se emplean morteros ricos que contengan 800 kg. de portland por metro cúbico de masa, puede hacerse trabajar el hormigón á 40 kg. por centímetro cuadrado; es decir, que

$$R_c = 400.000 = 4.10^5.$$

Si se ejecutan hormigones á 500 kg. de cemento por m³, debe reducirse el trabajo á 35 kg.

Con hormigones pobres á 300 kg. por m³, que es lo más corriente, el coeficiente generalmente adoptado es

$$R_c = 250.000 = 25 \times 10^4.$$

En cuanto á cementos, debe tenerse especial cuidado en no emplear más que cementos portland artificiales de primera calidad, de marcas reputadas, y excluir en absoluto muchos cementos que, aunque se llaman artificiales, son mezclas de escorias de alto horno y cal, vulgarmente llamados cementos *laitiers,* que por su desigualdad y lentitud de endurecimiento, pueden determinar peligrosos resultados.

Igualmente para el hierro, algunos constructores elevan á 15 kg. por mm² el trabajo, pero me parece algo excesivo.

Así es que en casos corrientes, adoptamos el coeficiente

$$R_T = 10.000.000 = 10^7.$$

Empleando exclusivamente acero dulce Martín Siemens, que alcanza una resistencia á la rotura de 42 kg. con un alargamiento mínimo de 24 por 100 y un coeficiente elástico de 22 kg., se puede sin inconveniente alguno elevar á 12 kg. por mm² el trabajo del metal.

Esto por lo que se refiere á los esfuerzos de tensión y compresión, pero para la tronchadura, ó sea para los estuerzos cortantes, se reducirá en 2 kg. el coeficiente de trabajo, es decir, á 8 y 10 kg., según se empleen hierros ó aceros.

Resumen.—Los procedimientos de cálculo que anteceden no son rigurosamente exactos, sobre todo en lo que se refiere á forjados y vigas, pues que la compresión no se reparte de una manera uniforme en el hormigón superior; pero ya hemos evidenciado que iguales inexactitudes se advierten en las hipótesis que sirven para calcular la mayor parte de los elementos de construcción ordinaria y, en todo caso, la práctica de miles de obras así calculadas, y que han resistido á cargas muy superiores á las previstas, permiten considerarlas como suficientes para los casos más usuales.

Además, los últimos trabajos del eminente Ingeniero M. Considère, que ha comparado sus fórmulas con las que hemos reseñado, demuestran que éstas se aproximan bastante á las propuestas por el sabio citado, que son más complicadas, y cuyo empleo puede reservarse para las obras delicadas ó de gran importancia, en las que interesa precisar las proporciones más convenientes y económicas de hierro y cemento.

CAPITULO II

Depósitos de hormigón y cemento armado.

Descrito anteriormente el sistema que preconizamos, debemos ahora presentar ejemplos de las obras que hemos dirigido ó ejecutado, con lo que se evidenciará la variedad de las aplicaciones que se obtienen con el hormigón y cemento armado.

Depósitos de aguas de Llanes (Asturias). —Es la primera obra de esta clase que proyectamos y dirigimos, y en las figuras 15 y 16 se representan la cámara de llaves y una vista del compartimento Oeste, al principiar el montaje de las vigas de una pared vertical.

En el número 1.357, de 26 Septiembre 1901, de la *Revista de Obras públicas*, publicamos los detalles de esta obra y de un incidente curioso ocurrido durante la construcción, por efecto del hundimiento del subsuelo, formado por bolsadas de tierra sobre una caliza llena de cavernas, hundimiento que no determinó la más pequeña avería en las paredes ni en la cubierta del depósito, que quedó, por decirlo así, suspendido de la cubierta.

Está formado el depósito por dos cajones formando compartimentos rectangulares de $15^m \times 7^m,50$, y la altura del agua es de 5^m, es decir, una capacidad de 1.000 metros cúbicos, todo ello de cemento armado, incluso los pisos y techos de la cámara de llaves.

Esta obra, construída bajo mi dirección para el Ayuntamiento de Llanes por el Arquitecto y contratista D. Mauricio Jalvo, está prestando servicios desde el año 1898.

Depósitos de agua de Sama y Ciaño.—Al año siguiente proyecté para el Ayuntamiento de Langreo (Asturias)

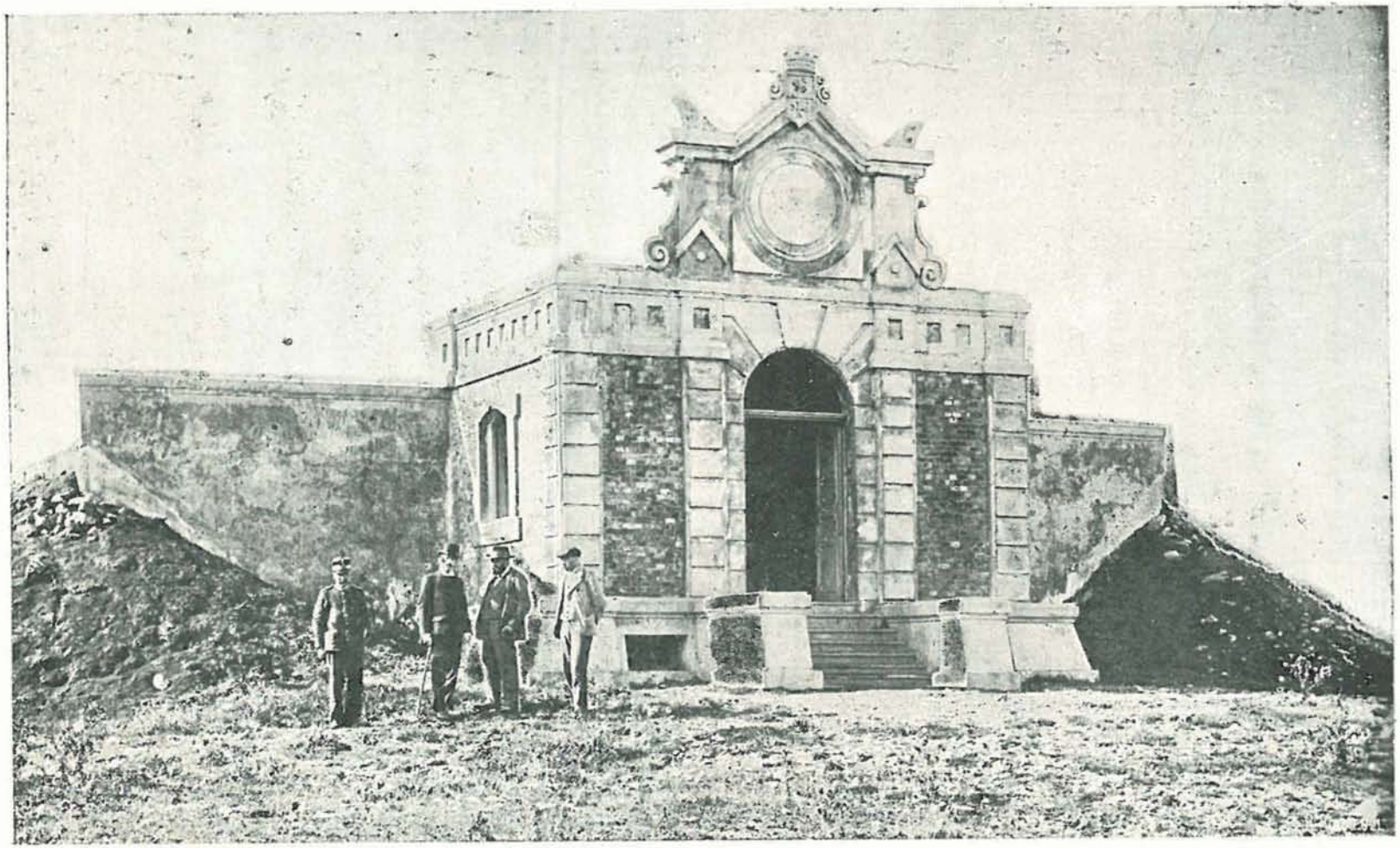


Fig. 15.-DEPOSITO DE LLANES.—CAMARA DE LLAVES

Fig. 16.—Depósito de Llanes.—Compartimiento Oeste

dos depósitos de agua de 500 y 100 metros cúbicos, respectivamente.

Preferimos adoptar aquí la disposición circular y el sistema Monier, que resulta bastante más económico, y en la figura 17 se representa una vista de la cubierta del depósito de Sama, pues el resto de la construcción está enterrado.

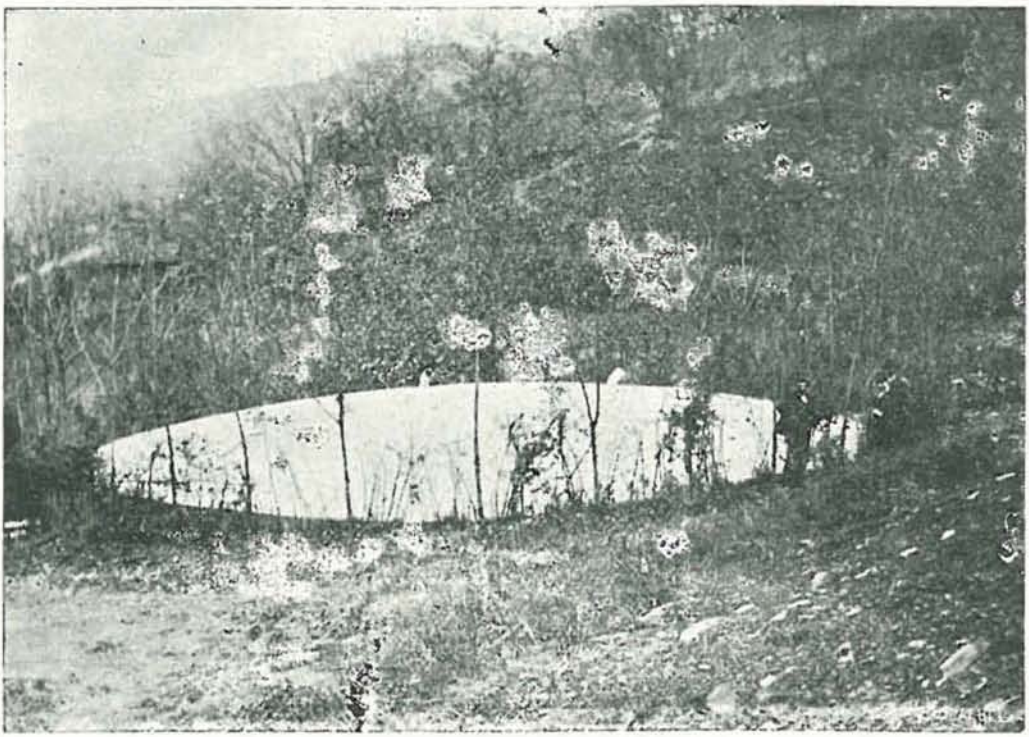


Fig. 17.—Depósito de Sama, de 500 m³.

Tiene 14 metros de diámetro, y siete pilares de cemento sostienen el casquete esférico de la cubierta. Unas pequeñas cámaras de llaves, con sus tapas, todo de cemento armado, permiten el manejo de las llaves.

Estos depósitos descansan sobre tierra floja, y las paredes, que tienen 5 metros de altura, no exceden de 4 cm. de grueso. El agua se mantiene muy fresca, y resulta evidentemente la disposición de depósito más barata.

Revestimiento del depósito de Mieres (Asturias).—Poco tiempo después, me sometió el Ayuntamiento de Mieres un problema algo delicado. Uno de sus depósitos de agua, de 2.000

metros de capacidad, cuyos muros, construídos con mampostería ordinaria, dejaban filtrar el agua, á pesar de un grueso enlucido, no podía ser utilizado sin peligro de derrumbamiento.

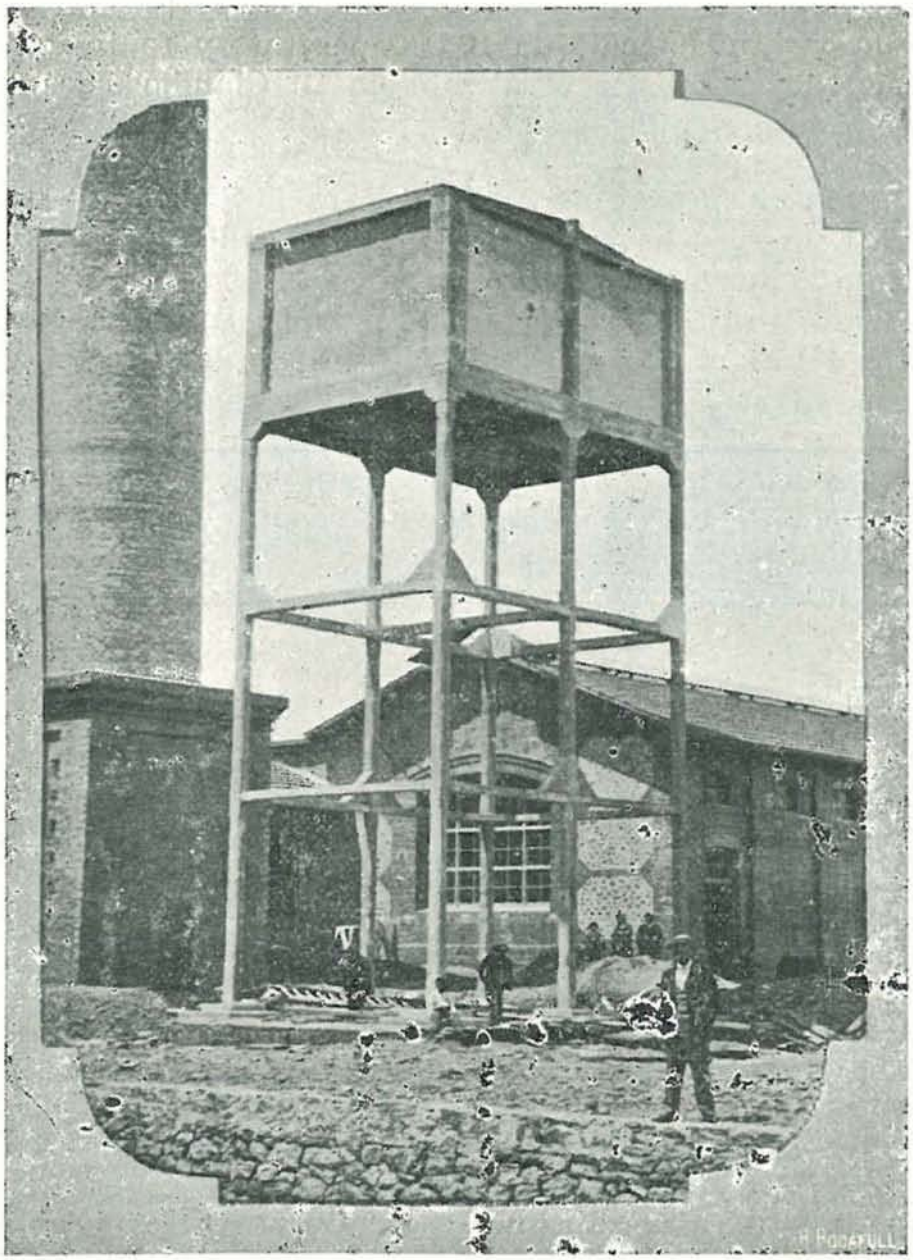


Fig. 18.—Depósito de agua en León

Su reconstrucción con mortero hidráulico hubiera costado unas 60.000 pesetas, por lo menos, y grandes dificultades.

Imaginamos revestirlo interiormente con una delgada camisa de cemento armado de 3 cm. de grueso, sistema Monier, suficiente para asegurar una absoluta impermeabilidad, y así se hizo con éxito completo. La obra se ejecutó en cuarenta días, pudo llenarse en seguida el depósito, sin que desde entonces hayamos observado la más insignificante filtración. Toda la obra no excedió de 18.000 pesetas, y fué ejecutada bajo mi dirección por el Arquitecto D. Claudio Durán, de Barcelona.

Depósito al aire de León.—Para la Sociedad «La Papelera Leonesa», he construído el año pasado el depósito representado por la figura 18.

Tiene 70 m^3 de capacidad y su techo se encuentra á 14 metros del nivel del suelo.

Los pilares, también de cemento armado, sólo tienen $0^m,20 \times 0^m,20$ de sección, y en los días de gran viento se observan sensibles oscilaciones de todo el depósito, que demuestran la elasticidad de esta clase de construcciones.

Depósitos para melazas en la Azucarera Madrileña (Arganda).—La Compañía de Construcciones que dirijo,

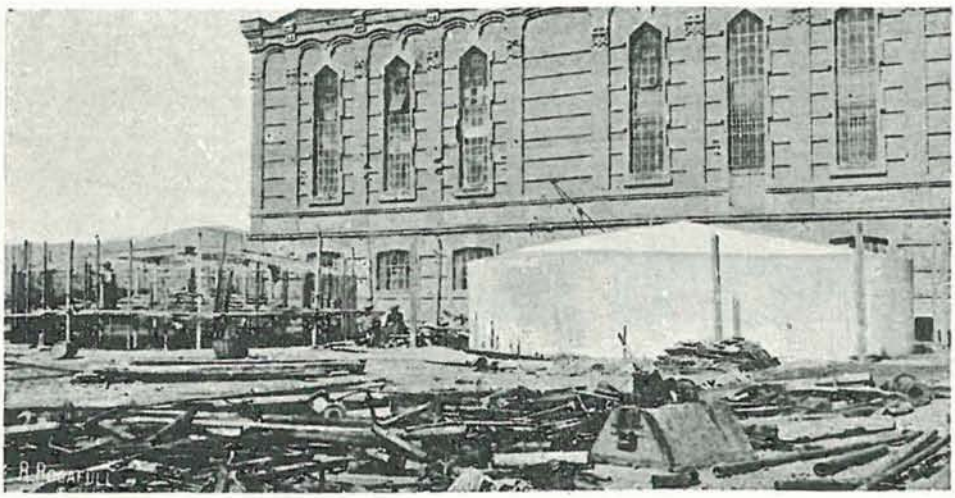


Fig. 19.—Depósitos para melazas en la azucarera de Madrid

ejecutó el año 1900 para esta fábrica un depósito para melazas de 300 metros cúbicos. Empleamos el sistema Monier, y quedó tan satisfecha la Azucarera de esta construcción que resistió

sin la menor filtración los corrosivos efectos de las melazas, que nos encargó al año siguiente la ejecución de otro segundo depósito igual al primero.

La fotografía de la figura 19 representa estos dos depósitos, uno de ellos en el período de construcción.

Por último, la misma Sociedad nos ha encomendado la ejecución de una tercera obra de cemento armado, que consistía en el revestimiento de unas cisternas ó sótanos, de ladrillo y mampostería, de una capacidad de 500 metros cúbicos, que se querían destinar también á depósito de melazas, y en la figura 20 se presenta la aplicación de la última capa de enlucido que recubre la malla de hierro sistema Monier, con la que se revistieron las paredes, los pilares y la solera.

Fig. 20.—Revestimiento de unos sótanos de la azucarera de Madrid para depósito de melazas

Depósito de agua en Guadalajara.—Para las obras del gran palacio-asilo que en Guadalajara construímos, por cuenta de la Excma. Sra. Condesa de la Vega del Pozo, hemos necesitado varias albercas de agua de 100 m³, y claro es que todas ellas se han construído de cemento armado. A pesar de la economía y premura con que ejecutamos esta obra auxiliar, nos presta desde hace tres años excelente servicio.

Silos para cemento en la fábrica de Tudela Veguín (Asturias).—Como es sabido, para obtener la igualdad de condiciones que hoy se exige al cemento artificial superior, conviene que éste permanezca depositado algún tiempo después de su fabricación.

A este efecto, la Sociedad de cemento portland de Tudela Veguín, que ha sido la primera de esta clase en España, nos encomendó el año 1899 la construcción de unos grandes depósitos ó silos, capaces para almacenar 2.500 toneladas de cemento.

Proyectamos los que se representan en la figura 21, cuyo suelo está sometido á la enorme carga de 15.000^{k} por metro superficial.

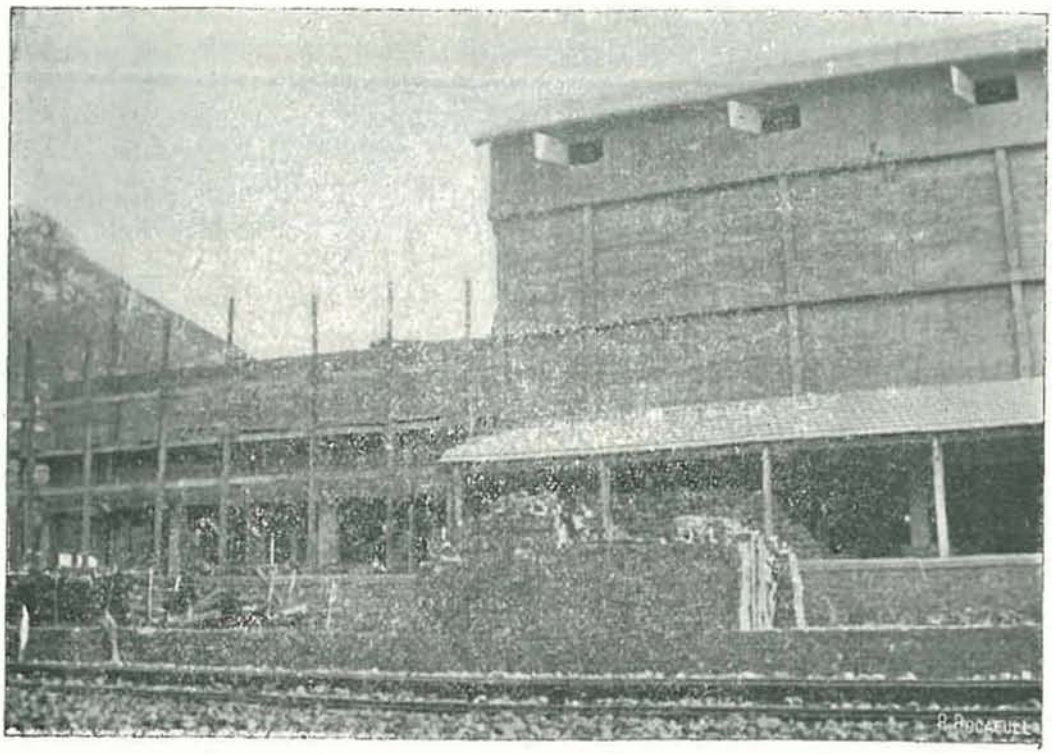


Fig. 22.—Nuevos silos de cemento en la fábrica de Tudela Veguín

Quedó tan satisfecha esta Sociedad, que en vista del aumento de su producción, nos encomendó la ejecución de otros silos iguales, que acabamos de terminar (fig. 22).

En la figura 23 representamos un dibujo de esta curiosa obra, en la que todo se ha ejecutado de cemento armado, incluso la cubierta. Mide hoy una superficie de 15^{m} × 20^{m}, con

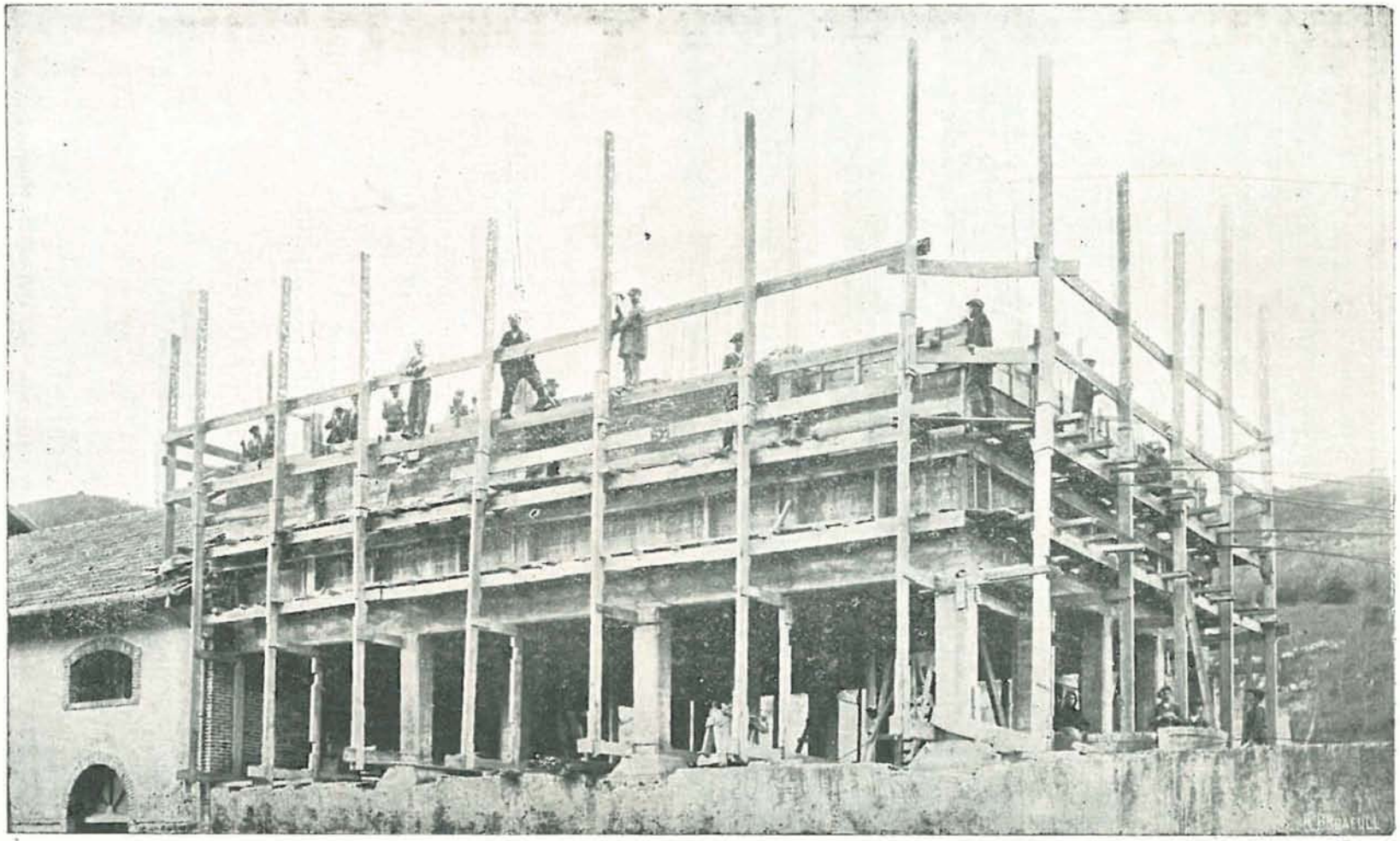


Fig. 21.—SILOS EN LA FÁBRICA DE CEMENTOS DE TUDELA VEGUIN

una altura total de 13 metros, y los pilares de hormigón de 40 × 40 cm. resisten cada uno una carga de 120 toneladas. Este depósito está dividido por tabiques verticales en 12

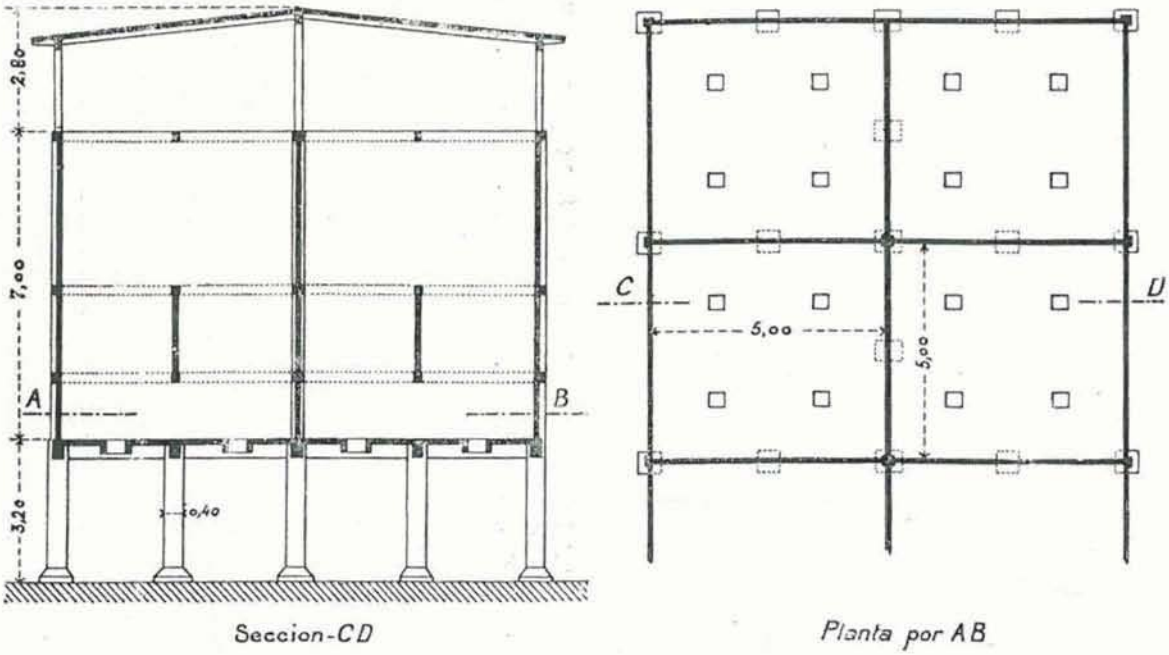


Fig. 23.

compartimentos que se vacían por unas tolvas colocadas en el piso.

Otros depósitos.—Además de los descriptos, hemos construído otro varios depósitos de cemento armado de formas y sistemas varios, pero de pequeña importancia.

Uno de 70 metros cúbicos, circular y cerrado, para el Marqués de Canillejas en Valde Soto (Asturias); otro circular de 50 metros cúbicos para la fábrica de Tudela Veguín; un depósito rectangular abierto para la Compañía de productos celuloides, en Colloto (Asturias).

Por último, tengo que ejecutar 5.000 metros cuadrados de cubierta para el nuevo depósito de aguas de Gijón, y 2.000 metros cuadrados de cubierta para el nuevo depósito de Oviedo, de los que daré detalles cuando se encuentren las obras más avanzadas.

En resumen, vemos la variedad de formas que pueden adoptarse para los depósitos, y las ventajas indiscutibles qne el cemento armado presenta para esta clase de obras, por su

economía, impermeabilidad y *duración* sobre cualquiera otro sistema de construcción.

Pruébalo muy elocuentemente el hecho de que la Comisión magna presidida por el sabio Inspector de Caminos D. Rogelio Inchaurrandieta, encargada de resolver las dificultades que presenta la construcción del famoso depósito de Madrid, ha propuesto por unanimidad la sustitución de la cubierta que estaba proyectada con pilares de ladrillo, vigas de hierro y bóvedas tabicadas, por pilares y cubierta de cemento armado.

Tratándose de una superficie de 80.000 metros cuadrados, que importará muy cerca de dos millones de pesetas, ha sido menester que fueran muy evidentes las ventajas y muy fantásticos los inconvenientes, para que los Sres. Inspectores adoptaran tan radical innovación.

El concurso de estas obras, anunciado ya, es la sanción oficial del cemento armado en España, y cábeme la satisfacción de haber contribuído, aunque modestamente, con el éxito de mis trabajos y el entusiasmo de mis convicciones, á conseguir este elocuente resultado.

CAPITULO III

Fábricas de cemento armado.

En los edificios industriales, donde conviene establecer amplias crujías y en los que se someten los pisos á fuertes sobrecargas, suelen ser evidentísimas las ventajas del cemento armado, no sólo por la economía que produce con relación á la construcción enteramente metálica, sino por su incombustibilidad é impermeabilidad.

No es, pues, extraña la aceptación que para estos casos ha tenido el nuevo sistema, y para demostrarlo paso á describir las fábricas que yo he ejecutado hasta la fecha.

Fábrica de Portland de Tudela-Veguín (Asturias). En la figura 24 se presenta la vista de una de las dependencias de esta fábrica, para la que, además de varios depósitos y los silos descritos anteriormente, he construído en 1900 todos los pisos y pilares.

Sobre los pisos de esta fábrica se han colocado máquinas trituradoras muy pesadas y dinamos de gran velocidad, y á pesar de las enormes vibraciones á que está sometida la construcción, no se ha desprendido un grano de arena de ninguno de los pisos.

Fábrica de harinas de Badajoz.—Esta fábrica, que también ejecutamos hace dos años para la Sra. Viuda é Hijos de Ayala, *es la primera en España* que se ha construído toda ella de cemento armado, incluso paredes, pilares y cubierta.

Las figuras 25 y 26 representan el período de construcción y el edificio terminado, respectivamente.

En todos los pisos, calculados para una sobrecarga de 1.500 kilogramos por m², se han abierto numerosos agujeros para

la instalación por la Casa Bulher, de toda la maquinaria sistema austro-húngaro.

Las paredes del edificio están formadas por un entramado

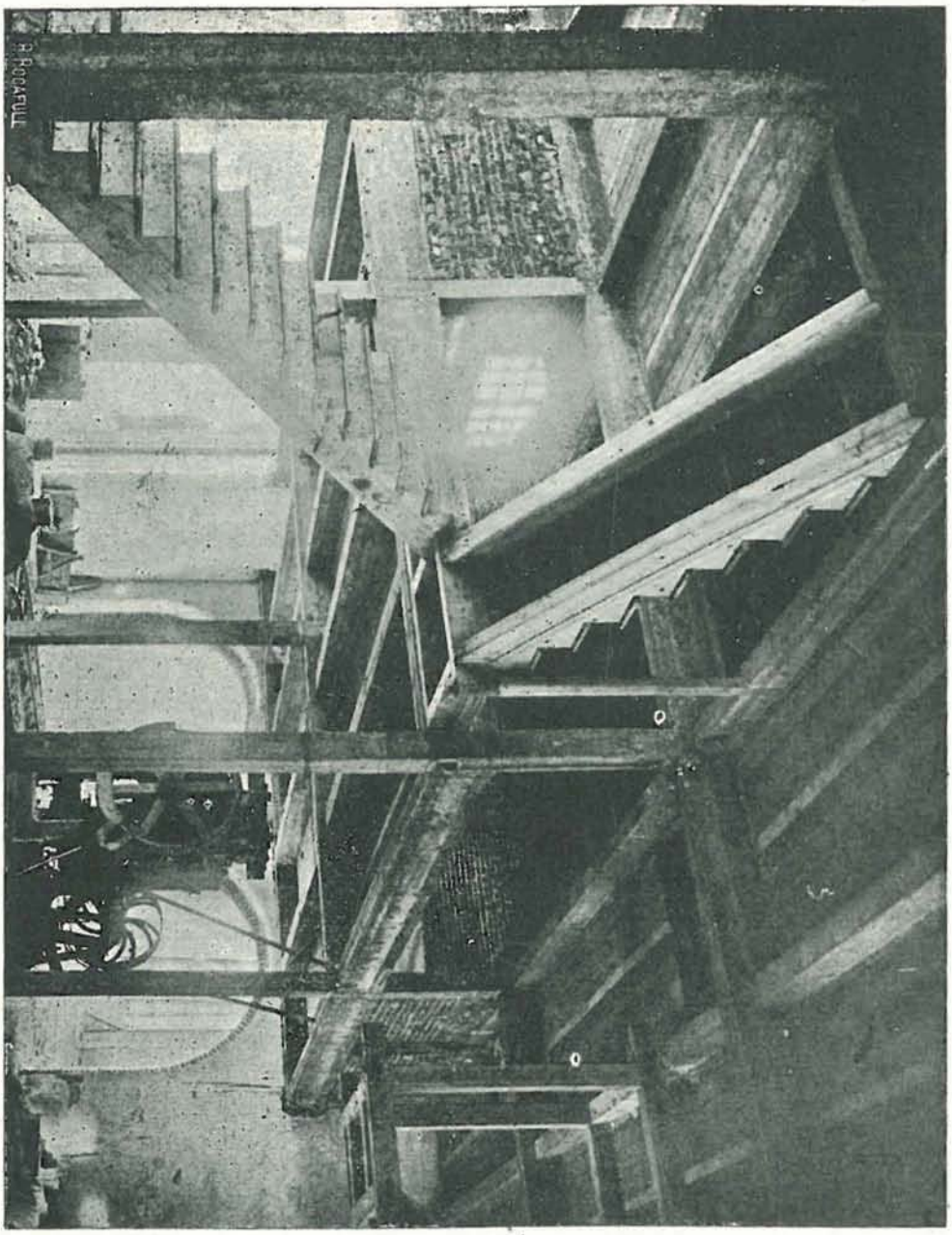


Fig. 24.—Interior de la fábrica de portland de Tudela Veguín.

de pilares y carreras de cemento armado y cuyos huecos se han tabicado con ladrillo. La terraza constituye un aljibe, y á pesar de los calores propios de Extremadura, no ha producido goteras.

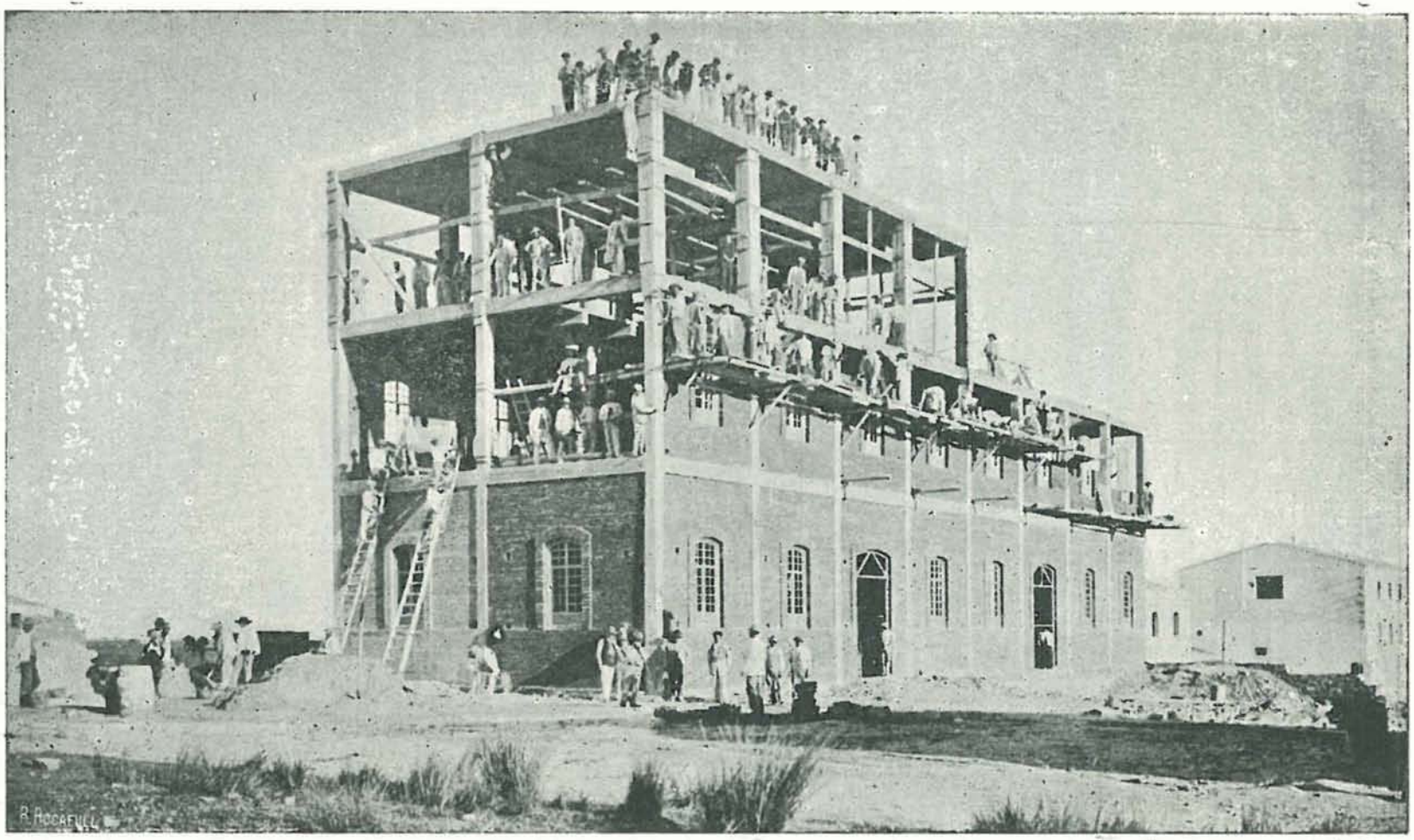


Fig. 25.– Fábrica de harinas de Badajoz, en construcción.

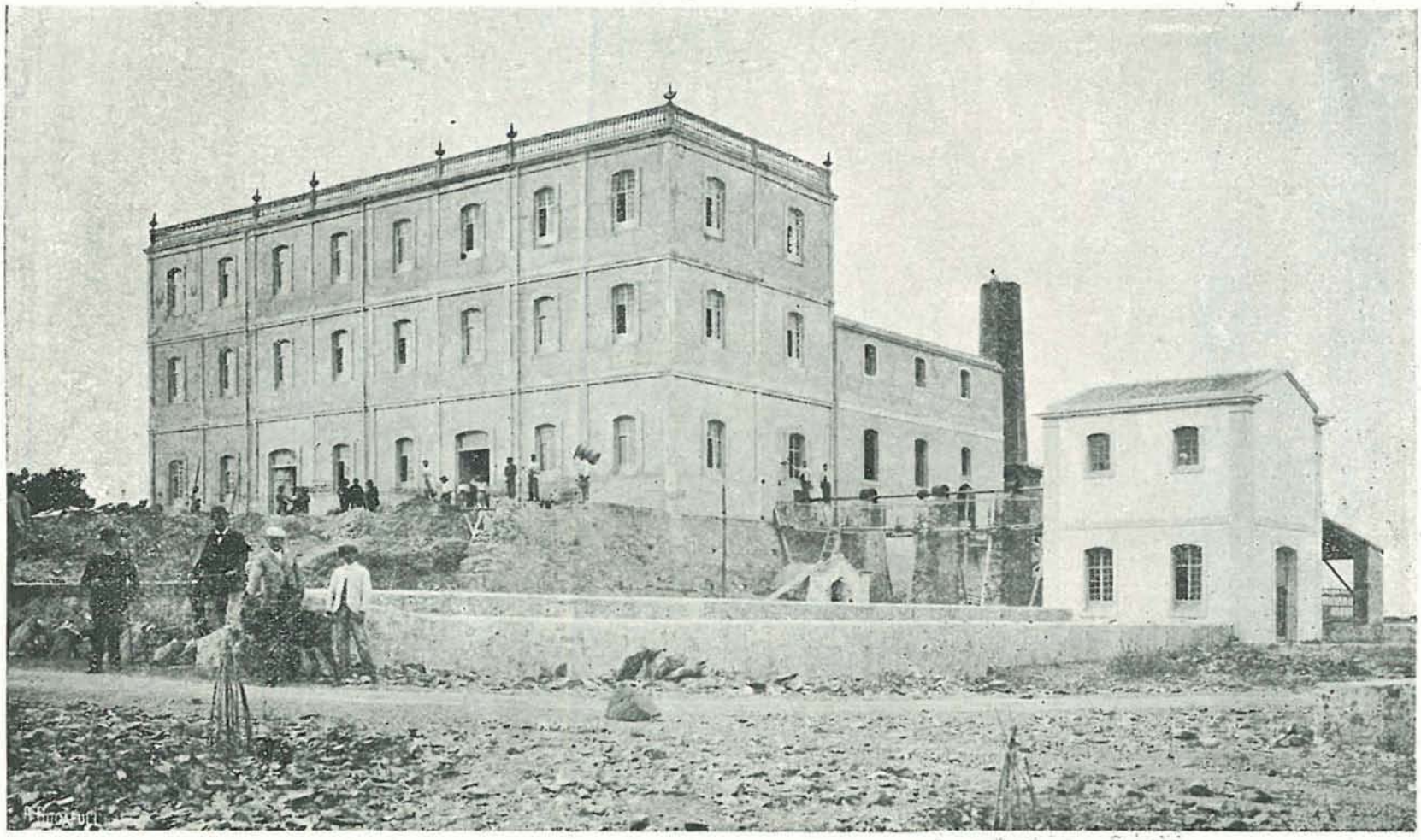


Fig. 26.—Fábrica de harinas de Badajoz, terminada.

Almacén de azúcar en Lieres (Asturias).—En la fig. 27 presentamos una vista de esta obra, y se ven en primer plano

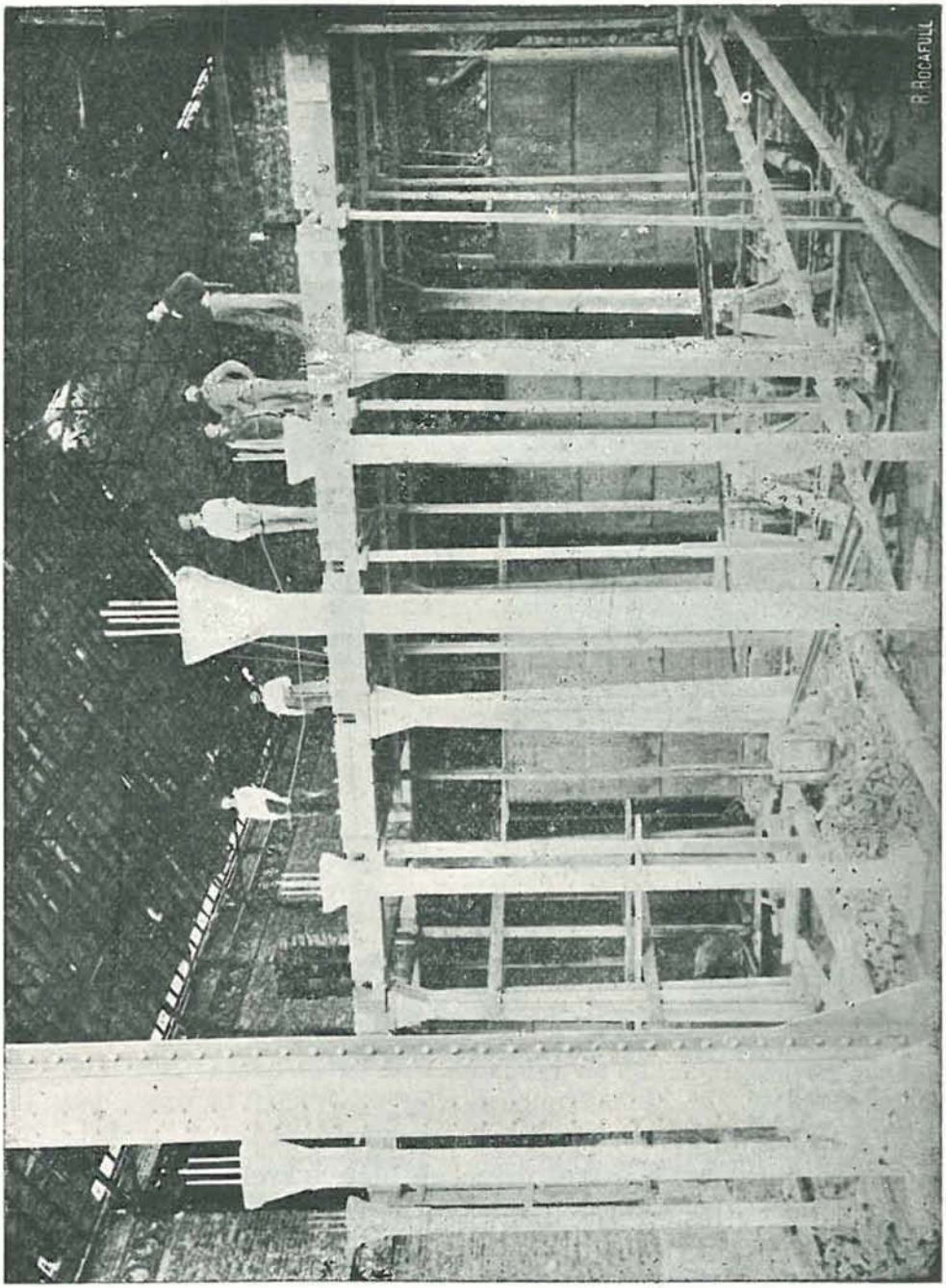


Fig. 27.—CONSTRUCCIÓN DE PILARES Y PISOS DEL ALMACÉN DE LA AZUCARERA DE LIERES.

los pilares de cemento armado que revisten el piso, que aunque calculados para una sobrecarga de 1.500 kg. por m², está resistiendo desde hace dos años un peso de 2.000 kg. por m².

El gerente de la Azucarera D. José de la Roza, para el que habíamos ejecutado ya los pisos de la Cárcel modelo de Oviedo, ha quedado tan satisfecho de estas construcciones, que acaba de encargarme unas cubiertas de cemento armado para la nueva fábrica de cervezas «El Aguila Negra».

Almacén de azúcar de Villalegre (Asturias).—El verano pasado, y en el plazo de un mes, ejecutamos los 500 m² de piso á 2.000 kg. por m², y todos los pilares de este almacén, representado por la figura 28.

Fig. 28.—Almacén de la azucarera de Villalegre (Asturias).

Es la segunda obra que me ha contratado el Arquitecto D. Manuel Busto, para el que también hemos construído el Teatro de Avilés.

Fábrica de gas de Oviedo.—También hemos construído varios pisos y una cubierta, en esta fábrica, que nos ha encargado sucesivamente y en vista del buen resultado del primer ensayo, el Director de la Sociedad Popular Ovetense, D. Narciso Hernández Vaquero.

Sobre los pisos de mi sistema, calculados no más para una sobrecarga de 300 kg. por m², se han hecho pasar, por inadvertencia de los operarios, y sobre pequeños rodillos de hierro, unas piezas de maquinaria que pesaban varias toneladas, sin que tan imprevista sobrecarga haya determinado rotura alguna.

Casa de máquinas de Mieres.—Para el Ayuntamiento de Mieres (Asturias) he proyectado y dirigido la construcción de la cubierta de la casa de máquinas que aparece en la figura 29.

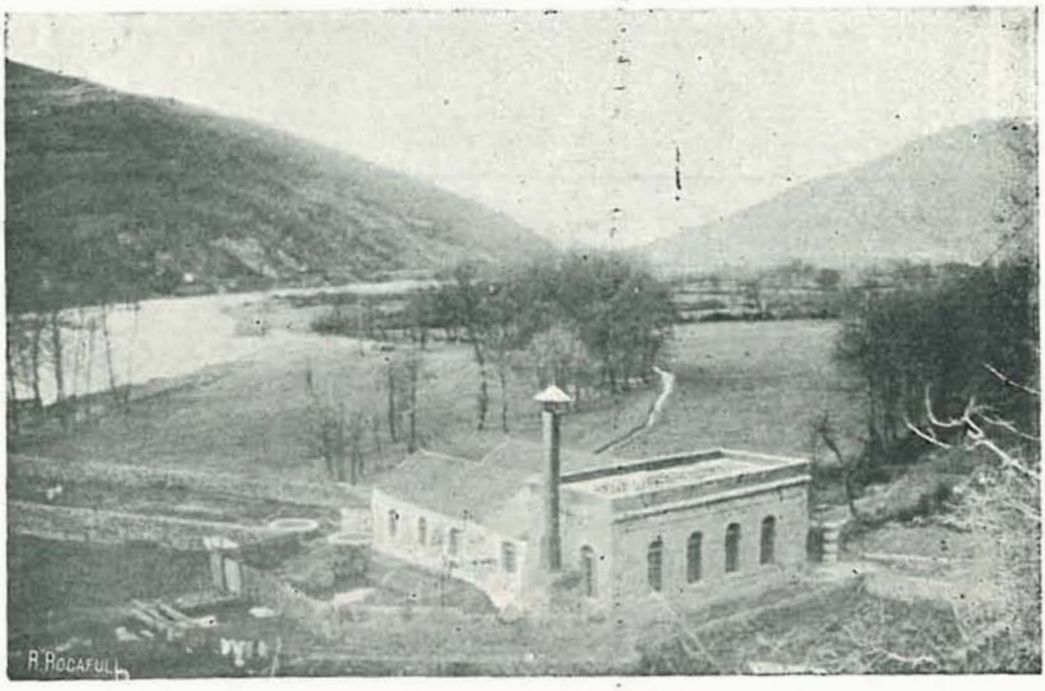


Fig. 29.—Casa de máquinas de Mieres.

Es una simple terraza de 7 m. de luz, construída por mi sistema de cemento armado, que cubre el edificio de las calderas de vapor, y es ésta la séptima obra de hormigón y cemento armado que proyecto para dicho Ayuntamiento.

Central eléctrica de Zamora.—La Sociedad «El Porvenir» de Zamora me encargó la ejecución de un piso para una sobrecarga de 2.000 kg. por m² y la terraza del mismo, y los he ejecutado el verano pasado, también por mi sistema.

Papelera del Araxes (Tolosa).—Acabo de construir para esta fábrica un piso y columnas de cemento armado de mi sistema, que he ejecutado sobre una de las salas de máquinas, sin que se haya interrumpido el servicio de éstas ni un solo momento.

Sobre este piso van enormes pilas también de cemento

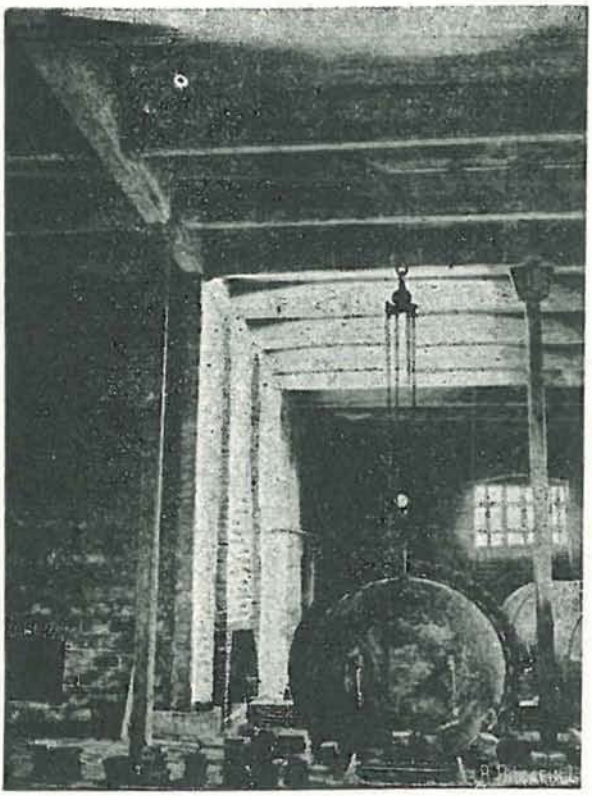


Fig. 30.—Fábrica «El ladrillo piedra», en Madrid. Vista interior.

armado, en las que se diluye la pasta de papel, y precisaba esta construcción, además de una resistencia grande, una impermeabilidad absoluta. El éxito ha sido tan completo, que la fábrica me ha encargado seguidamente varios pisos y terrazas, un acueducto de 60^{m} y una tubería de 0,80 de diámetro, todo de cemento armado.

Fábrica «El ladrillo piedra», Madrid.—Hace pocos meses he terminado también todos los pisos, pilares y cubiertas de esta nueva fábrica, destinada á producir ladrillos de cal y arena, endurecidos por la presión del vapor.

Las figuras 30 y 31 representan una vista por debajo de la terraza cubierta formada por tramos de 10 metros de luz, de la que se suspenden varias transmisiones y piezas de gran peso, y el aspecto que presenta por encima esta misma terraza, en la que se han abierto varios lucernarios y que sirve también de aljibe, mediante una pequeña pared de cemento armado.

Esta obra ha sido visitada por los Profesores y alumnos de

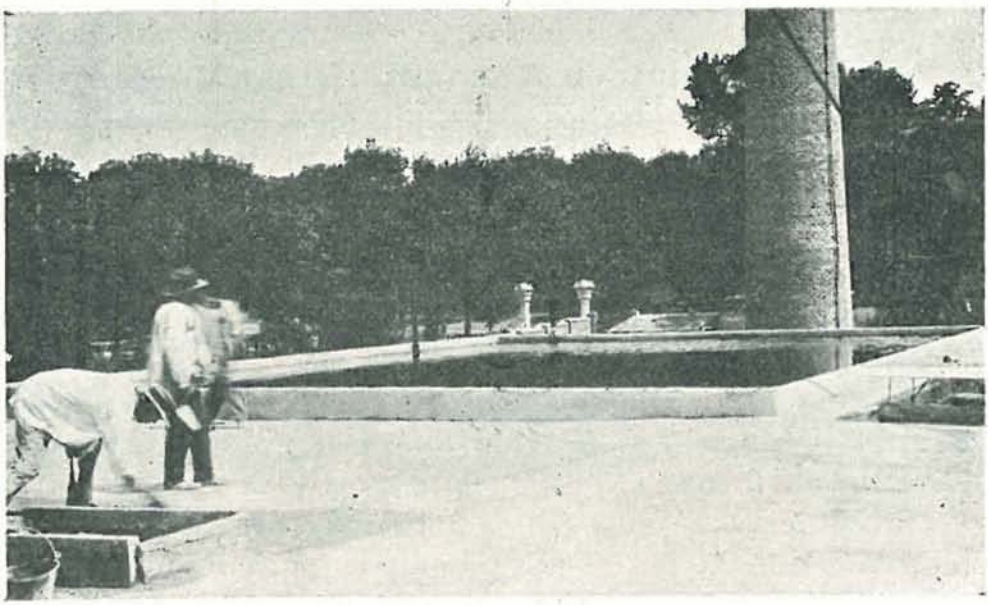


Fig. 31.—Fábrica «El ladrillo piedra», en Madrid. Vista de la terraza.

las Escuelas de Caminos y de Arquitectura y por una distinguidísima representación de Sres. Inspectores del Consejo de Obras públicas, que han honrado mi sistema con frases de elogio que nunca agradeceré bastante y que evidencian una vez más que el cemento armado tiene ya carta de naturaleza en España.

Fábrica de productos químicos del Aboño (Gijón). Sobre unas marismas muy fangosas, se van á levantar los numerosos edificios que comprende esta gran fábrica, en los que hay máquinas de enorme peso y me han adjudicado en concurso de proyectos de cimentación, la ejecución de todas las obras de cemento armado.

La solución adoptada consiste en ejecutar grandes soleras de mi sistema, completamente indeformables de manera á repartir uniformemente sobre el terreno fangoso, el peso de edificios y máquinas.

Es ésta una aplicación muy interesante del cemento armado, pues permite cimentar con gran economía en terrenos flojos, así es que desde el primer momento, el Director de la Sociedad D. Agustín Bourcoud, no vaciló en dar la preferencia al nuevo sistema de construcción.

Fábrica de almidón Hernani (Hernani).—Hemos empezado á ejecutar todos los pisos, pilares y cubiertas de esta gran fábrica, de la Sociedad Remy, cuyo proyecto es debido al arquitecto D. Manuel Echave. Uno de los edificios contratados tiene seis pisos, para sobrecargas de 1.000 y 1.300 kg. por m², y muchos pilares resistirán cargas de más de 100 toneladas.

Fábrica de productos cerámicos (San Sebastián).—Proyectada por el mismo arquitecto estamos ejecutando para los Sres. Uranga y Compañía los pisos y cubiertas de esta nueva industria, que se propone producir 50.000 piezas diarias.

La cubierta se substituye por una gran terraza de cemento armado de 1.700 m², calculada para una sobrecarga de 1.300 kg. por m², sobre la que se efectuarán todas las operaciones preparatorias de las tierras.

CAPITULO IV

Edificios públicos de cemento armado.

El cemento armado debe aplicarse, sin género alguno de duda, en todos aquellos edificios de carácter público, en los que la incombustibilidad y la higiene son condiciones primordiales. Teatros y fondas; cárceles, hospitales y cuarteles; estaciones, bancos y oficinas, debieran ejecutarse siempre con pisos y columnas de cemento armado, pues es sabido que los edificios construídos con columnas de fundición y viguetas de hierro quedan totalmente destruídos en los incendios, por efecto de las dilataciones violentas del metal, mientras que está comprobado por múltiples experiencias que el cemento armado ni se agrieta ni se deforma aun sometido á temperaturas superiores á 1.000 grados.

Por otra parte, los pisos de cemento armado, que no permiten la propagación de insectos ni ratones, que se pueden baldear con profusión, ofrecen condiciones de salubridad y limpieza que no se encuentra en ningún otro sistema de pisos.

Por último, el pequeño espesor que tienen los forjados (de 8 á 12 cm.) permite aumentar la altura de las habitaciones, y las vigas de cemento que pueden distribuirse á voluntad del arquitecto y quedar á la vista, facilitan la decoración de los techos, que pueden artesonarse con yeso ó *staf*, materiales que adhieren perfectamente al hormigón, según hemos comprobado en la decoración de los techos y pilares del Ayuntamiento de Eibar y del Banco Guipuzcoano, que han quedado suntuosos.

Describiré algunos de los edificios que he construído de cemento armado y que evidencian cuanto acabo de resumir,

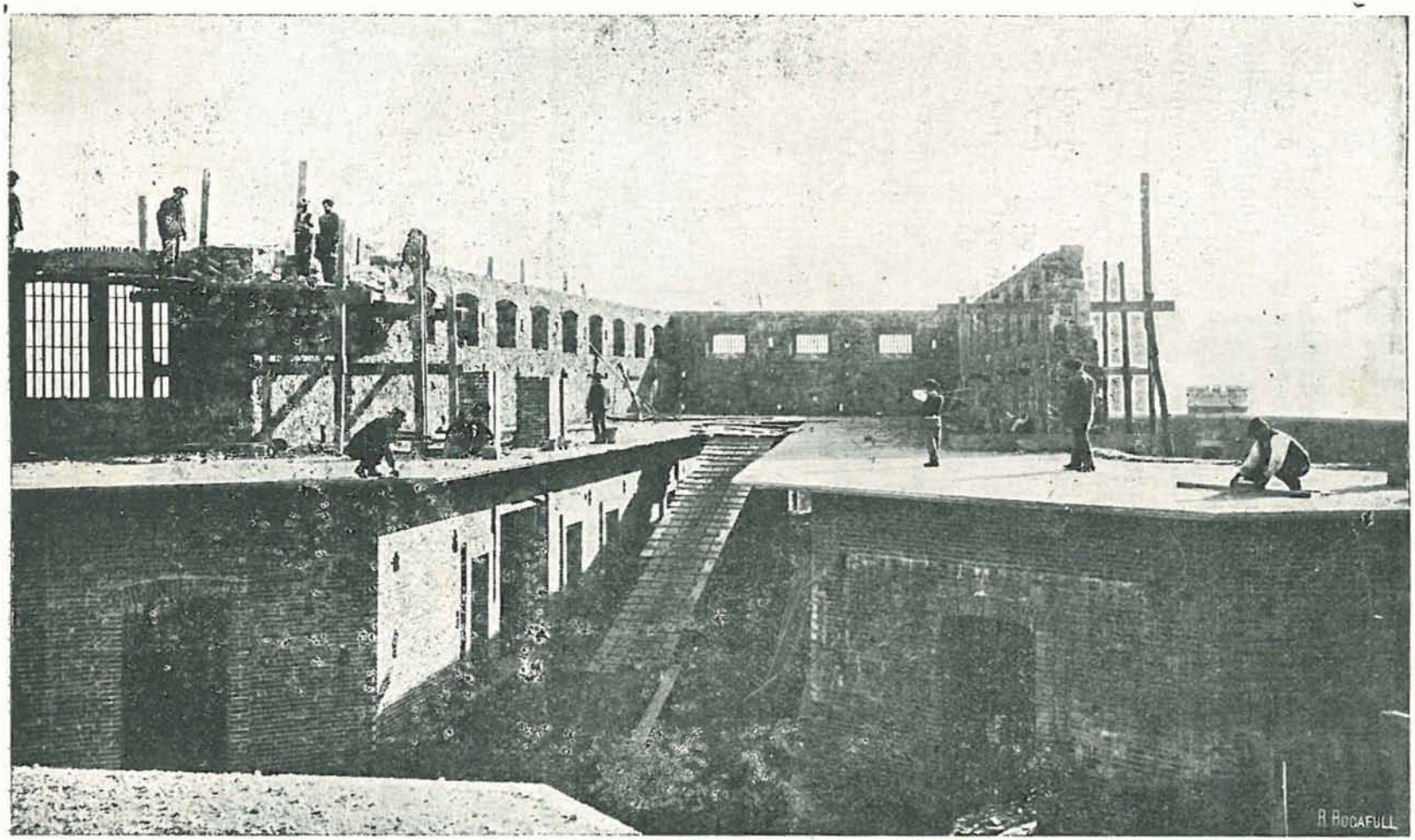


Fig. 32.—Cárcel modelo de Oviedo.

Gran cárcel modelo de Oviedo.—*Diputación provincial de Oviedo.*—He construído de hormigón armado todos los pisos y voladizos de este gran edificio (8.000 metros cuadrados) y puede asegurarse que los presos no han de poder perforar estos pisos, en los que á la dureza del hormigón de Portland, se une el tejido de acero que lo entrama. Asimismo se han ejecutado por este sistema seis grandes vigas dinteles de 6 metros de luz, que sostienen la torre y cúpula central de la cárcel.

A continuación de esta obra, el Sr. D. José La Roza, que era Director facultativo de dicha contrata, á la que destajamos la construcción de los pisos, nos encargó la ejecución del Almacén de la azucarera de Lieres, de cuya fábrica es Director gerente, y hace poco, dos techos para la fábrica de cervezas de Colloto.

Palacio consistorial de Eibar (Guipúzcoa).—*Ayuntamiento de Eibar.*—Construí el año 1900 todos los pisos de cemento armado de este edificio (2.000 metros cuadrados) con crujías de 6 y 8 metros de luz. El feliz éxito de las pruebas de estos pisos, sobre los que el día de la inauguración estuvo bailando una compacta muchedumbre, impulsaron al Arquitecto D. Ramón Cortázar á contratarnos seguidamente el Banco Guipuzcoano de San Sebastián y un puente de 14 metros en Rentería.

En las figuras 33 y 34 presentamos dos vistas de esta obra, en una de las que se aprecia el gran partido que puede sacarse para la decoración de nuestros entramados de cemento.

Estación de Huete (Cuenca).—*Compañía de los ferrocarriles de Madrid, Zaragoza y Alicante.*—Ingeniero D. Ramón Peyroncely. Habiéndose derruído por dos veces esta estación á causa de corrimientos del terreno, nos fué encargada su construcción, constituyendo un verdadero cajón compuesto por solera, pilares y cubierta de hormigón armado, completamente indeformable y cuya presión sobre el suelo no llega á $0^k,2$ por cm.^{2} Las pruebas oficiales de esta construcción, que es la segunda obra de hormigón armado que nos encarga la Compañía del Mediodía, ha dejado tan satisfechos á los Ingenieros de la misma, que nos han propuesto la construcción de otras varias obras en estudio.

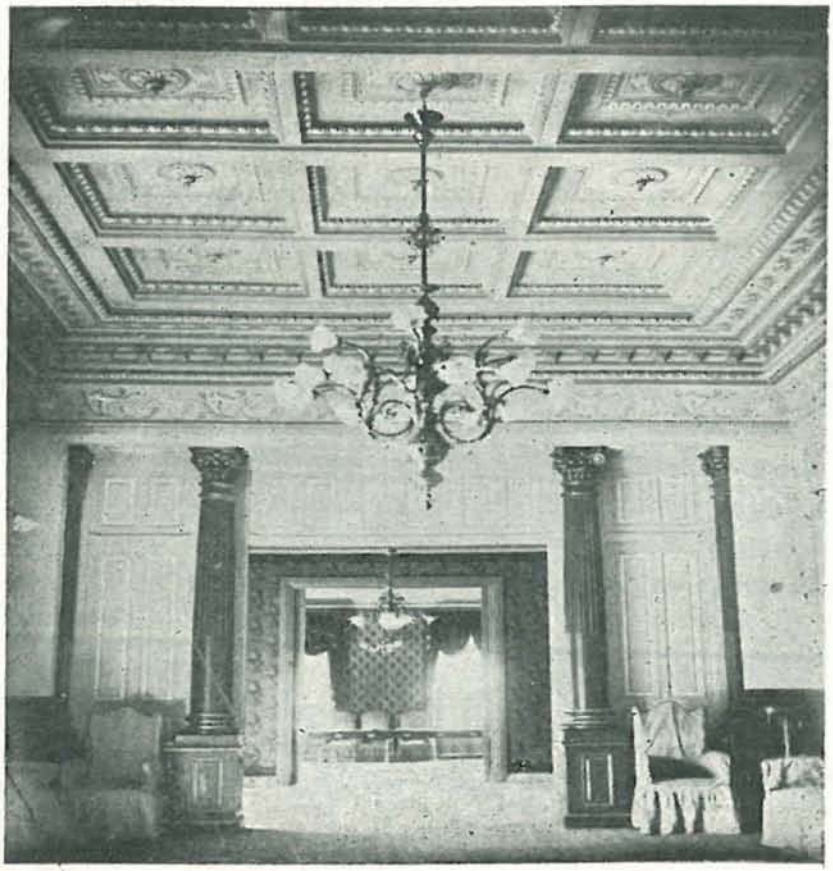


Fig. 33.—Palacio consistorial de Eibar (Guipúzcoa)

Fig. 34.—Palacio consistorial de Eibar.

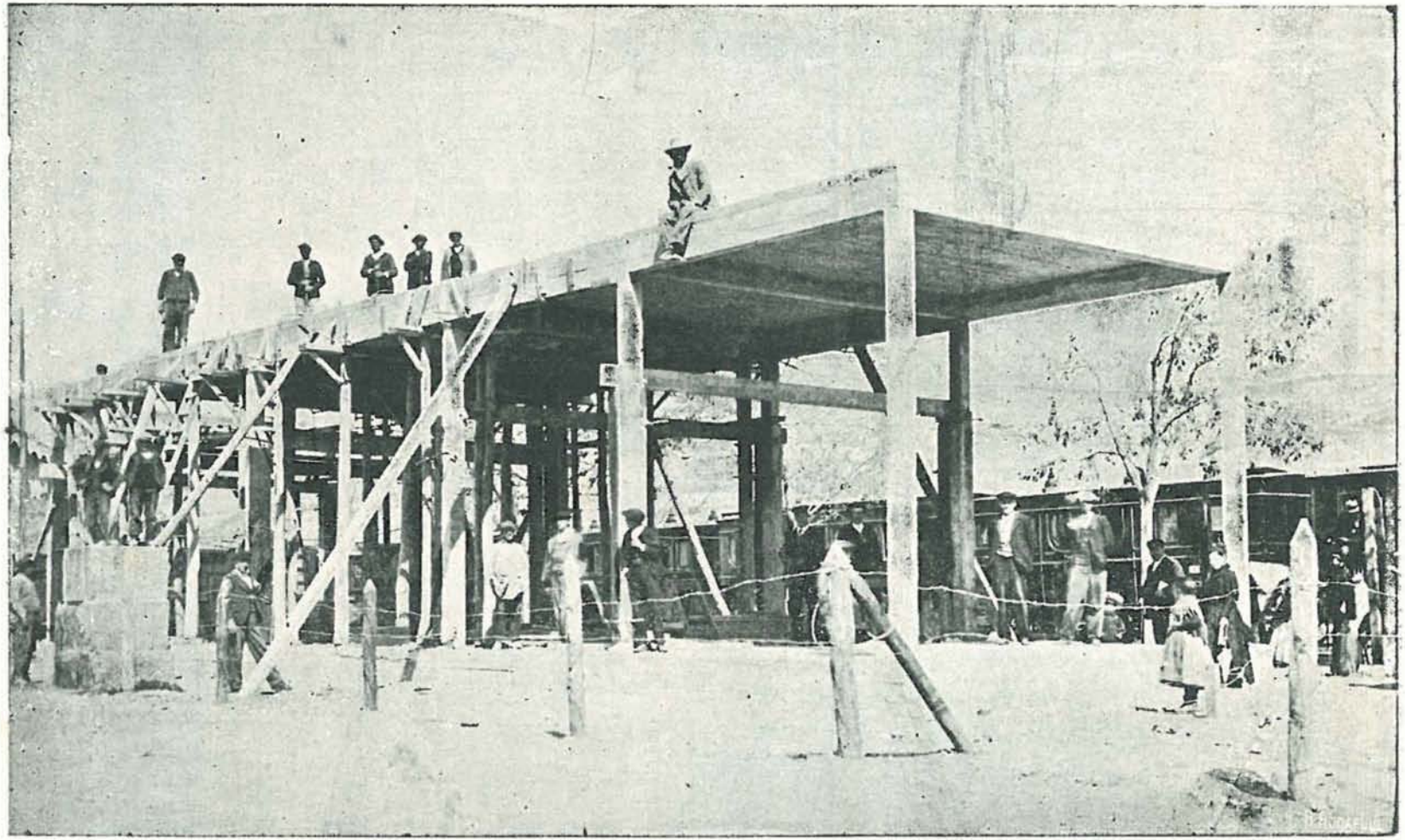


Fig. 35. – Estación de Huete (Cuenca).

Teatro de Avilés (Asturias).—*Sociedad constructora del nuevo teatro.*—He construído de hormigón armado todos los pisos, columnas y plateas de este nuevo teatro, que se quería completamente incombustible, tan á completa satisfacción del Arquitecto D. Manuel Busto, que me contrató seguidamente

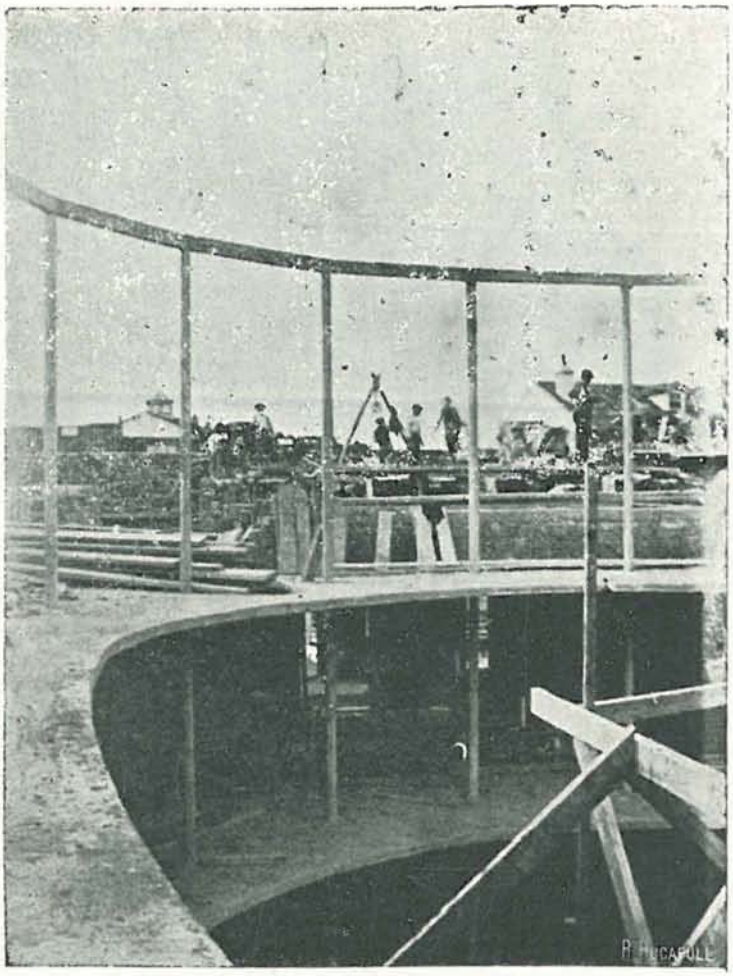


Fig. 36.—Teatro de Avilés. Vista de la última platea.

la construcción de los pilares y pisos del almacén de la azucarera de Villalegre.

Las columnas octógonales que miden una altura total de 14 metros, tienen sólo 0,12 metros de diámetro. Sobre ellas se apoyan unas vigas también de hormigón, en *planta curva,* siguiendo la forma de herradura de la sala, y sobre éstas va la platea, constituída por un dintel plano de 0,12 metros de grueso, que alcanzan en voladizo 2,30 metros.

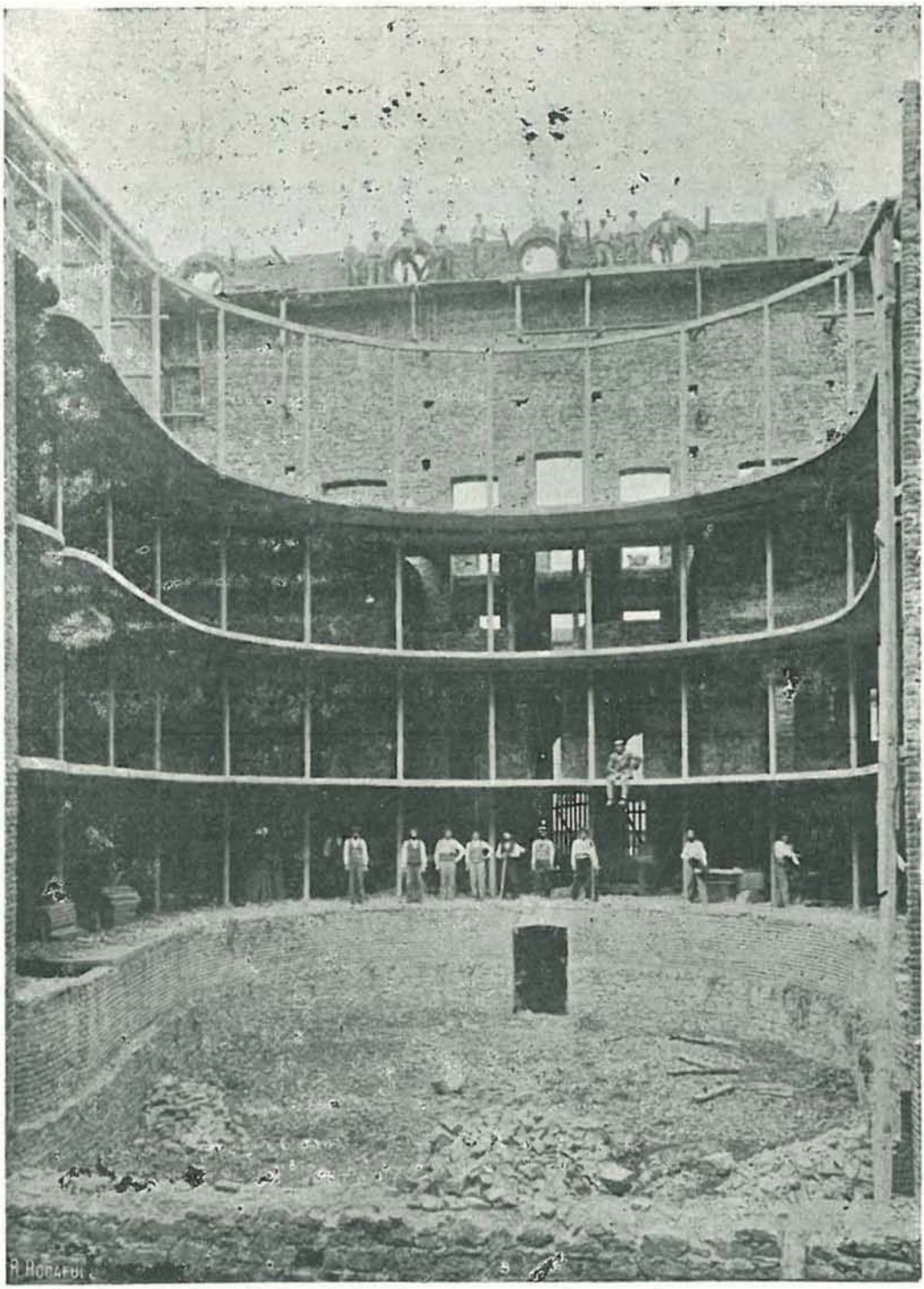


Fig. 38 .—Teatro de Avilés. Vista interior.

Terraza para el hotel de D. José María Escriña (Oviedo).—He construído una terraza de mi sistema, en este

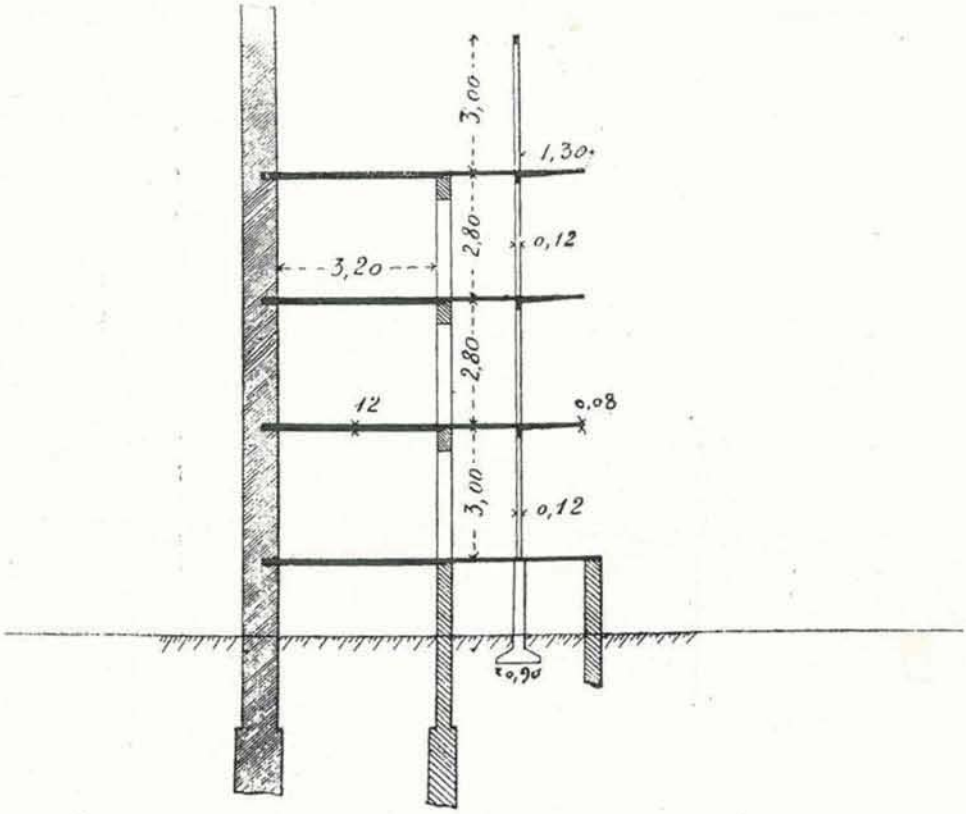


Fig. 37.—Teatro de Avilés. Sección vertical.

hotel, que ha quedado perfectamente impermeable, á pesar del riguroso invierno.

Nueva cárcel de Bermillo (Zamora).—Arquitecto, D. Segundo Viloria. Los pisos y cubiertas terrazas en esta cárcel se están construyendo de cemento armado de mi sistema. Á pesar de las heladas intensísimas que sufrió la obra durante la ejecución del primer piso, no hemos tenido el más insignificante contratiempo.

Edificio del Banco Guipuzcoano (San Sebastián).—Arquitectos: D. Ramón Cortázar y D. Luis Elizalde. En este hermoso palacio, del que presentamos en las figuras 38, 39, 40 y 41, la fachada, una sección transversal y dos vistas del patio central, he construído de hormigón armado todas las co-

Fig. 39. Banco guipuzcoano (San Sebastián). Vista exterior.

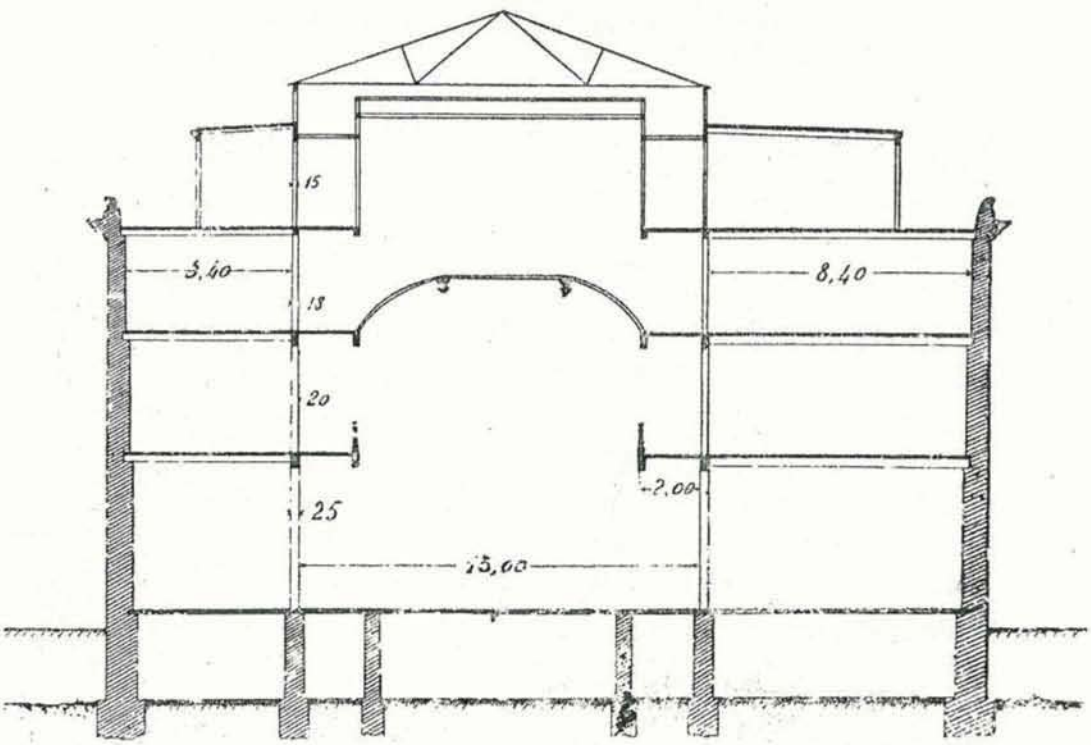
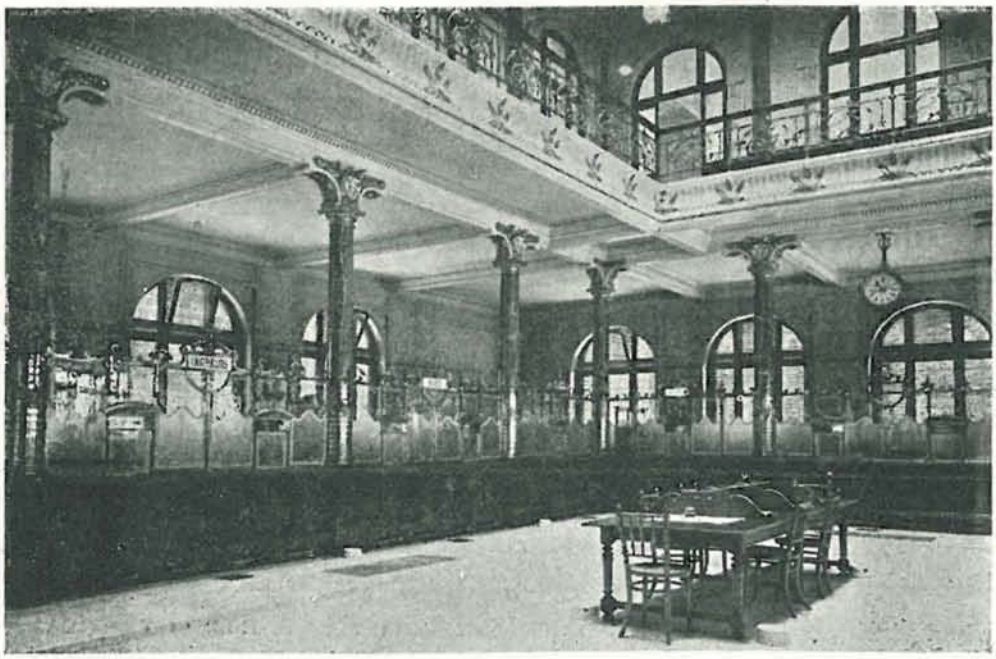


Fig. 40.—Banco guipuzcoano (San Sebastián). Sección vertical.



Figuras 41 y 42.—Banco guipuzcoano (San Sebastián). Vistas interiores.

lumnas, pisos, cubiertas y terrazas, que han sido después decoradas con gusto exquisito, con yeso y *staf,* utilizándose las vigas de cemento como base del artesonado.

No se ha construído en todo el edificio ningún muro de carga interior, y todos los pisos y cubiertas descansan sobre 13 pilares de hormigón armado.

Es más: ofrece esta obra la particularidad de que la parte central y superior del edificio vuela 2 metros sobre el perímetro de las columnas, pues no era necesario para el alumbrado del patio, el ancho que convenía dar al *hall* central en el piso bajo.

Se ve, pues, bien claramente el partido que puede sacarse de nuestro sistema de construcción, que permite habilidades arquitectónicas que serían difíciles y muy costosas con otra clase de materiales.

CAPÍTULO V

Puentes de hormigón y cemento armado.

Sabido es la escasa duración de los puentes de madera, el coste elevado de los de piedra y los inconvenientes que también ofrecen los de hierro, por la conservación que exigen y su precio muy superior á los de madera.

PUENTES DE HORMIGÓN EN MASA

Desde hace bastantes años, hanse ejecutado un gran número de puentes de hormigón en masa, con los que se han alcanzado luces de 50 metros con excelente resultado, y no cabe dudar que este material en muchos casos se presta á aplicaciones económicas.

Entre otras muchas obras de hormigón en masa que he ejecutado, puedo presentar los siguientes ejemplos:

Puente de La Cuadriella. (*Ayuntamiento de Mieres,* Asturias) (fig. 43).—Son dos arcos rectos de hormigón de medio punto y 8 metros de luz, sobre pilas y estribos de mampostería.

Las bóvedas tienen $0^m,50$ de grueso y se han ejecutado con cemento portland.

Puente de Candin. (*Ayuntamiento de Langreo,* Asturias) (fig. 44).—Hace cuatro años construí esta bóveda rebajada al $^1/_{10}$ con una oblicuidad extraordinaria, puesto que alcanza á 45°.

La luz es de 8 metros y el espesor del arco de $0^m,50$, y á pesar de las heladas que sobrevinieron durante la construcción, quedó el arco como un monolito, sin que se desprendiera el más insignificante pedazo.

Fig. 43.

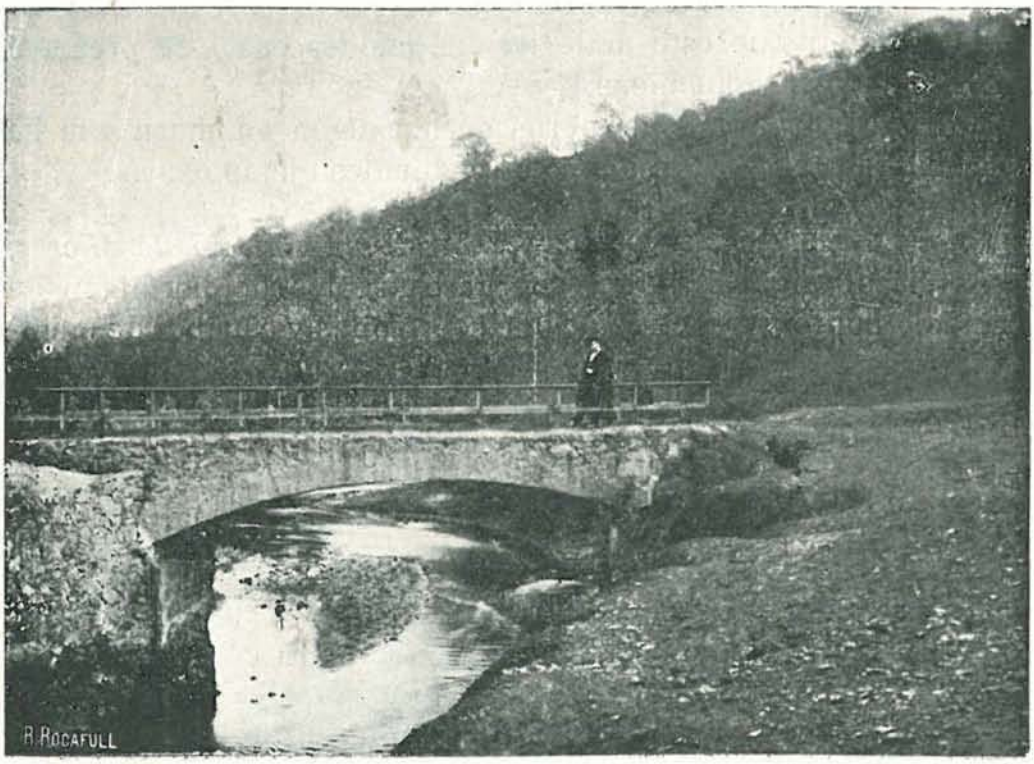


Fig. 44.

Puente de Cabojal. (*Ayuntamiento de Mieres*).—También es muy oblicuo el puente de dos arcos que representa la figura 45, y hemos podido comprobar en esta obra las ventajas que ofrece el hormigón para bóvedas oblicuas, pues que suprime todos esos anticuados y costosos despiezos á que obligaba el famoso empuje al vacío que tanto pavor infundía á nuestros mayores.

Puente de Santullano (Asturias).—Para este puente antiguo, que pertenece á la carretera del Estado de Adanero

Fig 45.

á Gijón, estoy ejecutando una reparación, que consiste en construir con hormigón en masa, nuevos frentes en los paramentos de las bóvedas, pues la sillería de las mismas, heladiza y de mala calidad, se había descompuesto por completo, reduciendo sensiblemente el ancho del puente.

Puente de las Segadas (Oviedo).—Aunque este puente no está aún ejecutado, creo merece lo consignemos en esta lista, pues su proyecto, que redacté cuando era Ingeniero del

Estado (1), ha merecido los honores de la aprobación de la Junta Consultiva, y ofrece además la particularidad de que su luz de 50 metros, *es la mayor de los puentes de fábrica españoles*. Es también el primer arco en que se emplearán las articulaciones en la clave y los arranques, y por último, todo el puente está proyectado con hormigón de portland en masa.

En breve comenzarán los trabajos de este puente, que está ya subastado y cuyo alzado representa la fig. 46, pág. 65.

Inconvenientes de los puentes de hormigón en masa.—A pesar de las evidentes ventajas que ofrece el empleo del hormigón en masa para bóvedas de puentes, y que se evidencian con los ejemplos que acabamos de citar, no está exenta de algunos inconvenientes que conviene también manifestar.

En primer término, la ejecución de bóvedas de hormigón, sobre todo en grandes arcos, requiere, no sólo una elección inteligente en materiales, sino una mano de obra cuidadosa y una extremada vigilancia.

Como además el hormigón ni tiene elasticidad, ni resiste bien á los esfuerzos de tensión, un defecto de mano de obra ó un choque ó esfuerzo violento que produzca tensiones, puede determinar en la bóveda grietas ó desperfectos sensibles, que á veces ocasionan la ruina de la obra.

Por último, los pesos de estas bóvedas, aunque menores que las ordinarias, son aún muy grandes y no sólo exigen cimbras muy sólidas y bien arriostradas, sino que determinan empujes enormes en las pilas y estribos que obligan á dar á éstos espesores muy considerables y por ende cimientos costosos.

Ventajas del hormigón armado en los puentes.—Todos estos inconvenientes desaparecen añadiendo al hormigón una armadura metálica interior.

Claro es que entonces se requiere también una ejecución perfecta, pero se obtiene ésta encomendándola á constructores especialistas, con elementos y personal adecuado.

La armadura de hierro, al absorber una gran parte de los

---

(1) En los números de 18 y 25 de Abril de 1901 de la *Revista de Obras públicas* he publicado la descripción y cálculos de este proyecto.

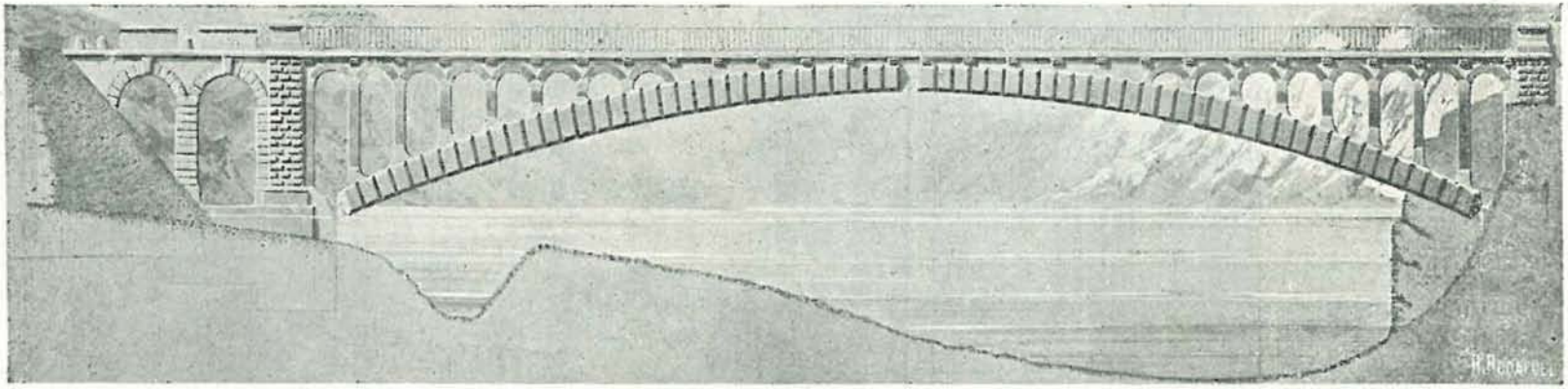


Fig. 46. — Puente de Las Segadas (Asturias).

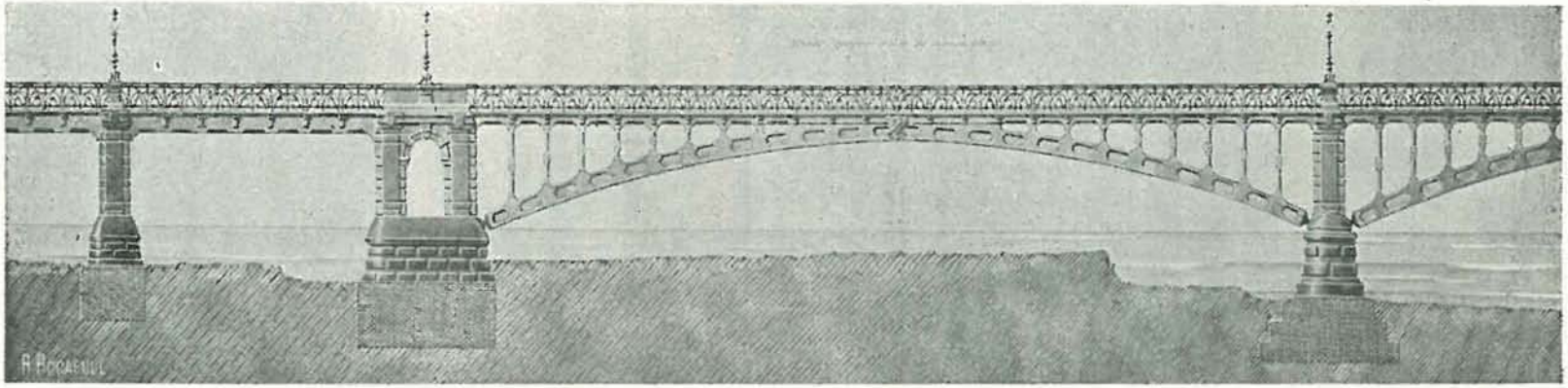


Fig. 56. — Puente de Mieres.

esfuerzos, permite reducir en considerable proporción el volumen del hormigón, y al disminuir el peso muerto se obtiene una economía grande en los espesores de los apoyos, y por lo tanto en el coste de los cimientos.

La economía es aún mayor en luces inferiores á 15 metros, para las que pueden emplearse tramos rectos, cuyos estribos pueden ser simples muros de pequeño grueso y pilas estrechas de muy reducido volumen. Esta solución compite con ventaja con la de tramos metálicos, pues, según repetidos estudios comparativos que he hecho, el coste de tramos rectos de hormigón armado es inferior en 20 á 40 por 100 al de vigas rectas de hierro en igual resistencia.

Finalmente: el hormigón armado tiene una elasticidad que le permite resistir á los esfuerzos de tensión ó de choque que producen las cargas móviles y se obtiene una solidaridad completa entre todos los elementos del puente que contribuye á aumentar el coeficiente de seguridad de la obra.

Describiré ahora algunos de los puentes que he construído y proyectado, cabiéndome la satisfacción grande de haber sido el introductor en España de esta clase de obras y el que seguramente mayor número ha ejecutado.

TRAMOS RECTOS DE HORMIGON ARMADO

Puente de Ciaño (Asturias) (fig. 47).—En la carretera del Estado de Oviedo á Campo de Caso, había un puente con tablero de madera.

Encontrándose éste podrido, propuse al Sr. Ingeniero Jefe, el año 1898, su sustitución por otro de hormigón armado, y así lo hice, con éxito completo, siendo ésta la primera obra de esta clase que se ha ejecutado en España.

Puentes de Santa Rosa. *Mieres* (Asturias).—Poco después construí para la carretera de Santa Rosa, en el Ayuntamiento de Mieres, tres puentes de hormigón armado de 6 y 8 metros de luz.

El de río Turbio es un tramo recto (fig. 48); el de Vegadotos es bastante oblicuo (fig. 46); sobre el río Santa Rosa construí un pontón por igual sistema; todos han dado un exce-

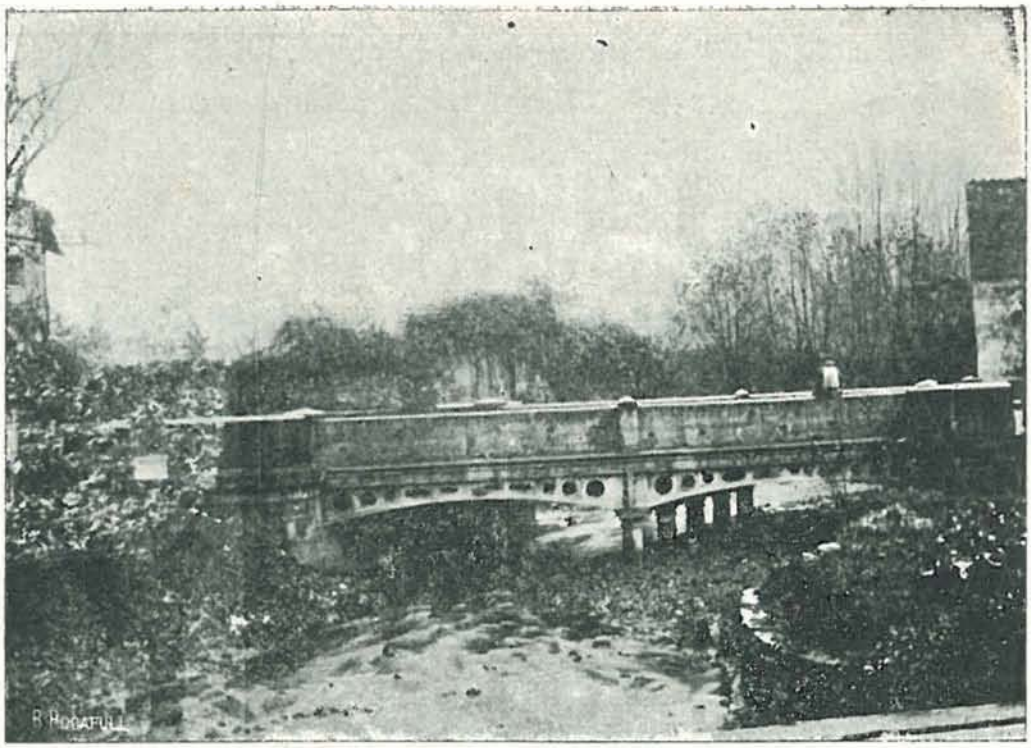


Fig. 47.

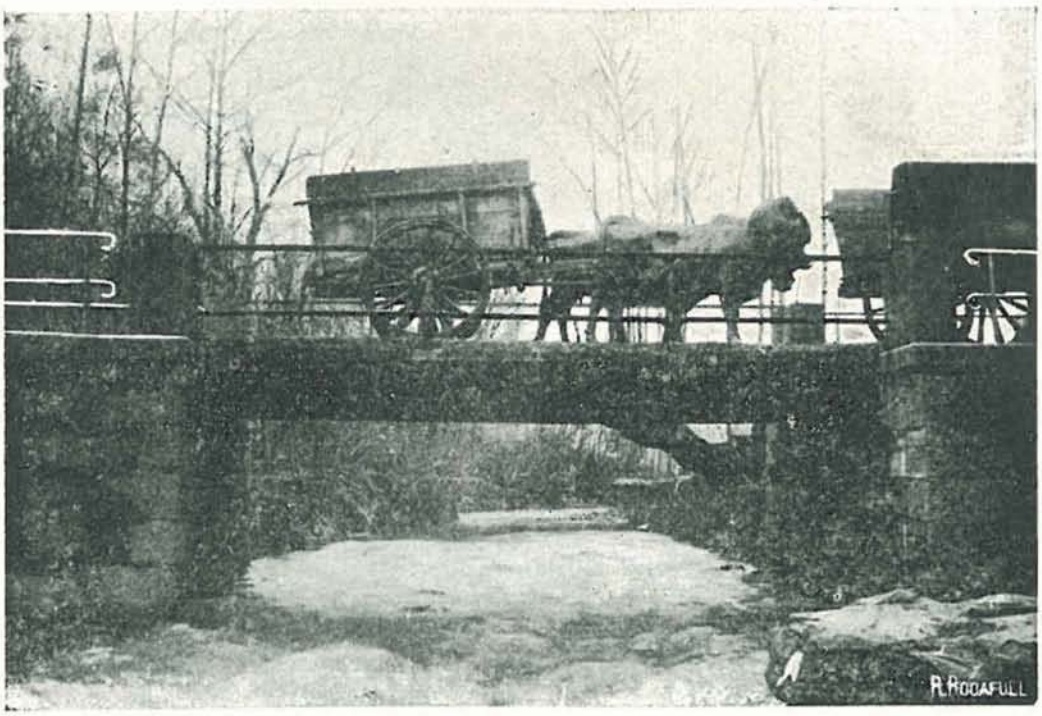


Fig. 48.

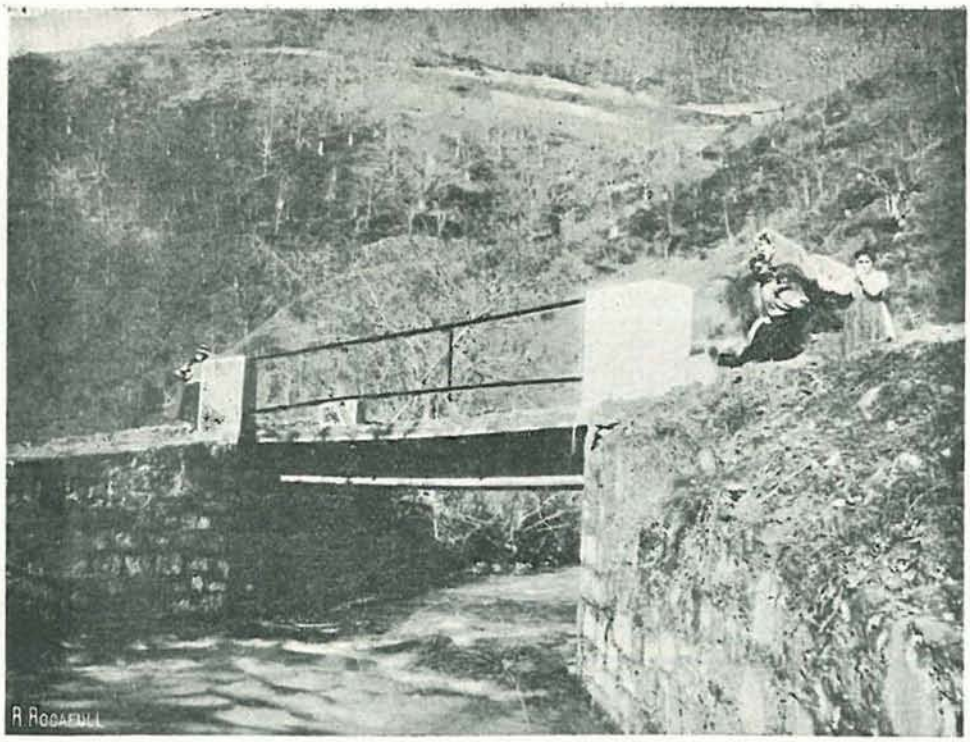


Fig. 49.

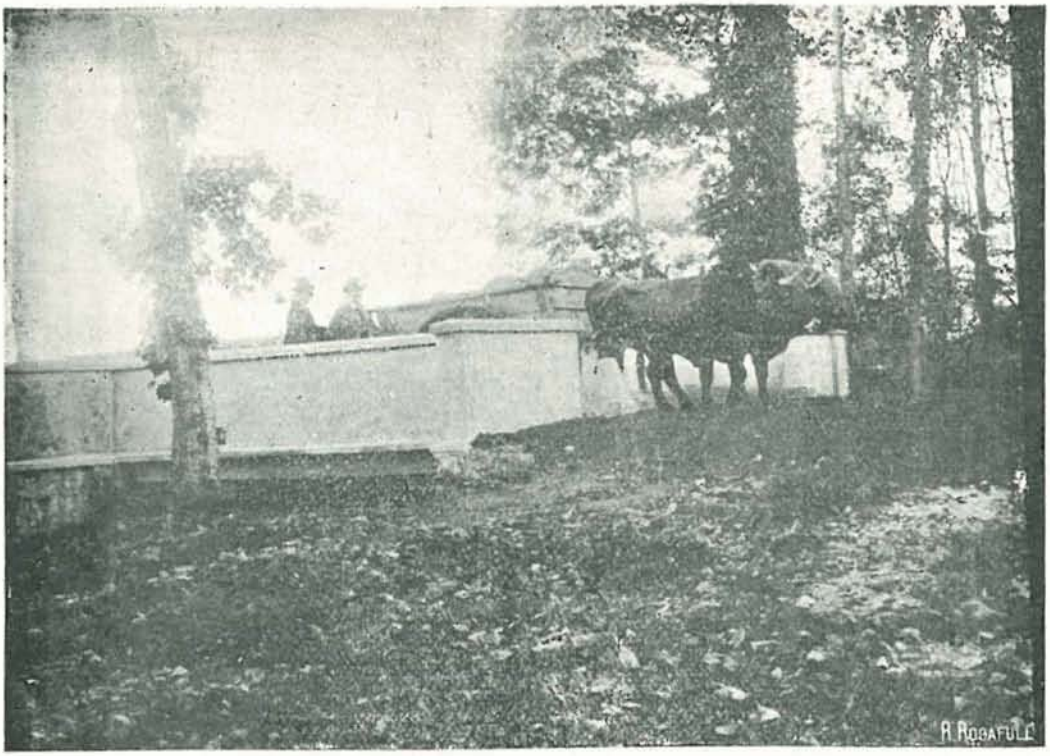


Fig. 50.

lente resultado y desde hace tres años pasan sobre ellos un número incalculable de carros de carbón.

Puente de Colloto.—Para la Sociedad de productos celuloides, de Colloto, de que es Gerente mi compañero D. Carlos Alfonso, he construído, además de un depósito de agua, el puente que representa la fig. 50.

Paso superior de Cieza.—La Compañía de los ferrocarriles del Mediodía me encomendó el año pasado la cons-

Fig. 51.

trucción del paso superior que se ve en la fig. 48. Está en la línea de Alicante, inmediato á la estación de Cieza.

Efectuáronse las pruebas en presencia de numerosos Ingenieros con un éxito completo, suscribiendo una acta mis compañeros D. Ramón Peyroncely, como Ingeniero de la Compañía, y D. Diego Gómez, como Ingeniero de la Inspección del Gobierno, cuya acta se publicó en el núm. 4 de la Revista EL CEMENTO ARMADO, quedando tan satisfechos de sus resultados que me encargaron inmediatamente la construcción de la estación de Huete, toda ella de hormigón armado.

Puente de la Fandería (Guipúzcoa).—El Arquitecto D. Ramón Cortázar, para el que había construído el Ayuntamiento de Eibar y el Banco Guipuzcoano, que anteriormente

Fig. 51.- Puente de La Fandería (Guipúzcoa).

describí, propuso al Ayuntamiento de Rentería (Guipúzcoa) la sustitución de unos tramos de madera por uno de hormigón armado de 15 metros de luz, solución que permitió el aprovechamiento de los estribos viejos, á pesar de su escasa solidez (fig. 52).

He construído este puente, que es el tramo de mayor luz que se ha ejecutado en España, en quince días, con arreglo á mi sistema; la sección transversal del mismo se presenta en la fig. 53, y en ella se ve que ha sustituido las barras redondas de tensión por carriles Vignote de 30^{k} por metro lineal.

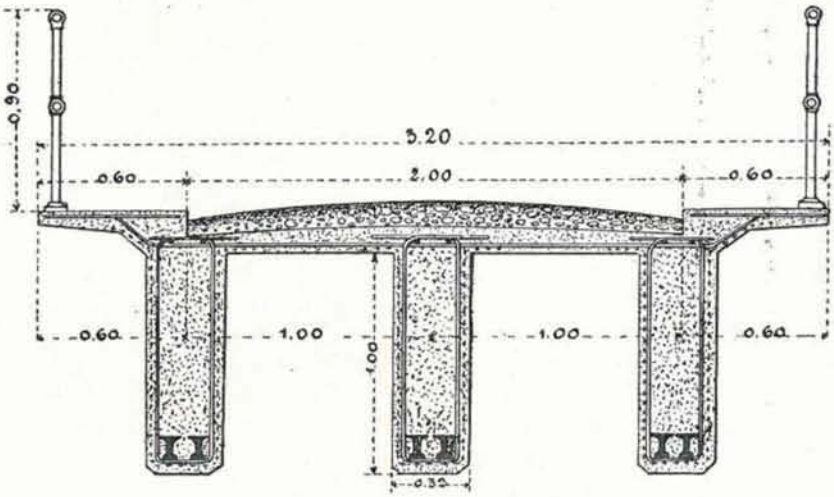


Fig. 53.

No había transcurrido un mes de ejecutado el tramo, cuando hubo que abrirlo al tránsito público para que pudiera pasar por él todo un cargamento de trigo. Pocos días después efectuáronse las pruebas oficiales con carros de 6,5 toneladas de peso, no habiéndose calculado más que para carros de 5 toneladas.

La rigidez del puente es tal, que no ha sido posible apreciar la menor flecha.

Acueducto sobre el Araxes (Tolosa).—Para la Sociedad papelera del Araxes estoy construyendo un puente acueducto de 60 metros de longitud. Consta de 5 tramos de 12 metros de luz, apoyados sobre pilares también de hormigón armado, todo ello de mi sistema (fig. 54).

Comparado el coste de esta solución con todas las demás

estudiadas, resultó una notable diferencia á favor del hormigón armado, y no es dudoso que este ejemplo puede tener un gran número de aplicaciones en España, ya que los saltos de agua están á la orden del día.

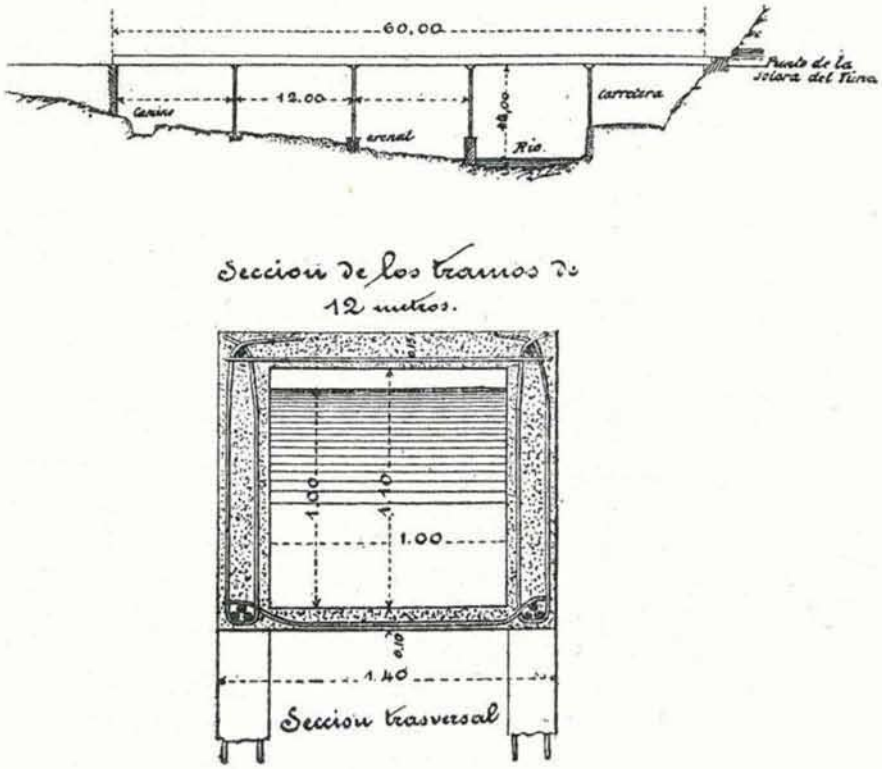


Fig. 54.

ENSANCHES DE PUENTES

Hay muchos puentes de fábrica, algunos antiguos, que necesitan ensancharse, y de todas las disposiciones que pueden emplearse, el sistema de hormigón armado es, no sólo el más económico, sino el que mejor permite conservar al puente su carácter arquitectónico, pudiéndose moldear el ensanche con las formas más variadas.

Puente de La Guía (Gijón).—La fig. 55 representa el ensanche que he ejecutado en dicho puente, que pertenece á la carretera del Estado de Adanero á Gijón. Consiste en dos vigas de 12 metros de luz, apoyadas sobre las esquinas de los estribos y sosteniendo unos andenes y una barandilla, todo ello de hormigón armado.

Las pruebas efectuadas por el Ingeniero D. Gabriel Pérez de la Sala, no han podido ser más satisfactorias.

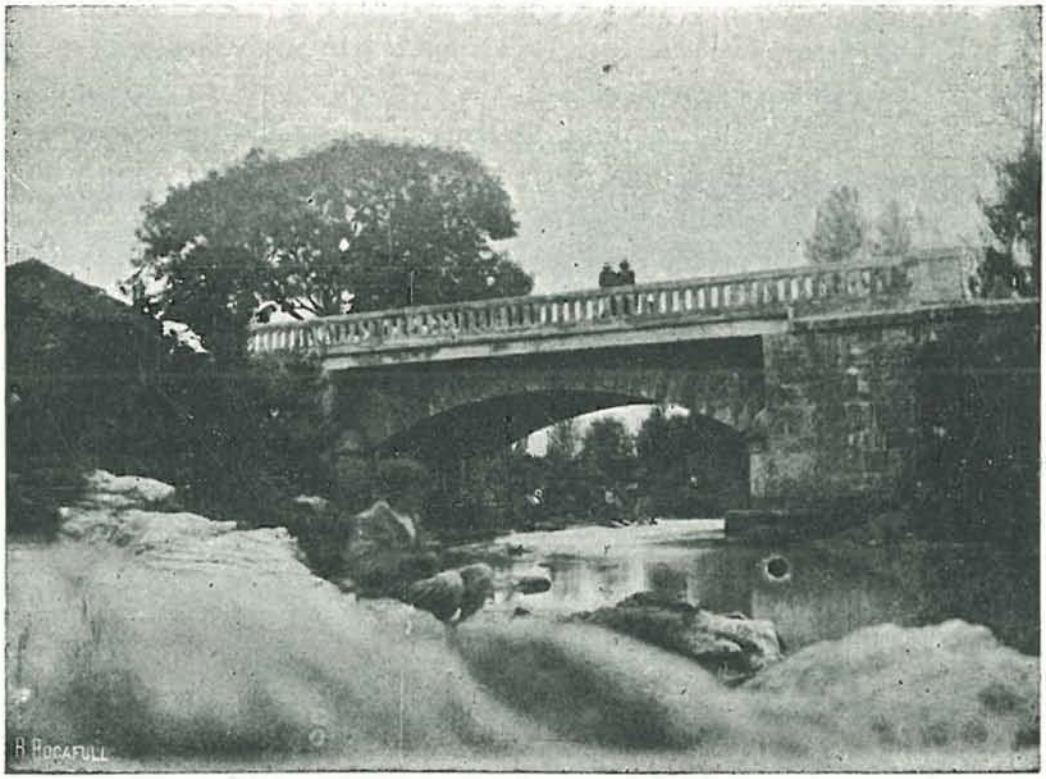


Fig. 55.

También he proyectado otra disposición de ensanche de puentes por medio de viguetas transversales en voladizo, formando ménsulas voladas que sostienen unas placas de andén. Este tipo de ensanche es el que estoy ejecutando en un puente de Vergara para la Diputación provincial de Guipúzcoa, y ha sido también aprobado por la Dirección de Obras públicas para el ensanche del puente del Villafranca del Vierzo, descrito en el número de 5 de Junio de la *Revista de Obras públicas* por mi distinguido compañero D. Manuel Diz.

Esta disposición de ensanche, aplicable á la mayor parte de los puentes antiguos, resulta infinitamente más económica que todas las imaginadas hasta el día con hierro ó ladrillo.

PUENTES EN ARCO

A partir de 15 metros de luz, los tramos rectos resultan ya bastante más caros que los arcos y hay que resignarse á construir estribos que resistan á los empujes de los mismos, pero ya dijimos que empleando buenas disposiciones de hormigón armado, se reduce el peso muerto de las bóvedas y la importancia de dichos estribos.

En la mayor parte de los sistemas hasta aquí empleados para bóvedas de hormigón armado, se han empleado disposiciones similares á las de vigas rectas, preocupándose los constructores de reducir á un mínimo la cantidad de materiales empleados, sin tener en cuenta que en cambio la mano de obra y el coste de las cimbras y moldes, que son gastos muertos por decirlo así, anulaban con creces dicha economía.

Yo entiendo, por el contrario, que en obras de tanta responsabilidad como son los puentes en arco, debe procurarse evitar en lo posible, las contingencias que un defecto de mano de obra puede ocasionar, y que también conviene reducir el gasto inútil de madera para andamiajes, siendo preferible aumentar la proporción de hierro, con lo que se obtiene mayor coeficiente de seguridad.

A este efecto he imaginado varias disposiciones que permiten obtener una reducción de coste muy sensible sobre todos los demás sistemas hasta hoy empleados, como demostraré cuando termine las obras de un arco de 30 metros que estoy ejecutando en Golbardo (Santander).

Para dar una idea de lo que puede hacerse, en la fig. 53 presento el proyecto que acabo de redactar para el puente de Mieres, que tendrá 110 metros de longitud, con dos arcos de 35 metros de luz y tres tramos rectos de 10,50 metros.

Como se ve, los arcos llevan articulaciones en la clave y en los arranques, pnes á partir de 30 metros de luz, opino que ofrece esta solución evidentes ventajas.

Pero como el examen y discusión de estas cuestiones exigen un desarrollo grande, me propongo publicar por separado un estudio sobre este tema, merecedor de muy amplias consideraciones.

CAPÍTULO VI

Obras varias de hormigón armado.

Aunque el hormigón armado se aplica muy principalmente en las obras que acabamos de examinar, es decir, en depósitos, pisos de fábricas y edificios y en puentes, se emplea también con singular éxito en otras varias clases de construcciones, de las que debo decir algunas palabras.

Tubos y alcantarillas.—En cuanto los diámetros de las tuberías exceden de 0,40 metros, y sobre todo tratándose de cañerías forzadas de gran presión, resultan muy ventajosos los tubos de cemento armado, que han tenido aplicaciones numerosísimas en Francia y Alemania sobre todo.

Asimismo se ha empleado con éxito este sistema en revestimientos de alcantarillas y de túneles, sobre todo en terrenos fangosos.

Soleras.—Para la cimentación de edificios y maquinarias en suelos de escasa resistencia, presenta el hormigón armado ventajas inapreciables, pues permite construir soleras indeformables y económicas que reparten la presión de una manera absolutamente uniforme.

Ya he citado el caso de la estación de Huete (ferrocarril de M. Z. A.), que está formada por un cajón apoyado sobre un terreno muy resbaladizo, en el que no había sido posible sostener ningún edificio.

Muchos casos análogos pueden presentarse, y no cabe dudar que este sistema de cimentaciónpermite apoyar con gran economía y rapidez construcciones muy pesadas, sobre terrenos flojos ó movedizos.

Zanpeados y revestimientos.—Asimismo pueden consolidarse por medio de ligeras camisas de hormigón armado los lechos ó las márgenes de los ríos, socavables por efecto de las avenidas, y en Alemania se ha ejecutado un gran número de estas obras eficaz y económicamente, pues por efecto de la solidaridad que ofrecen estas grandes superficies no es posible su destrucción parcial, y mucho menos total.

Idéntica disposición puede emplearse para presas en saltos de agua y otras obras expuestas á los efectos de las corrientes.

Pilotes y tablestacas.—Es una de las aplicaciones más curiosas del hormigón armado y que evidencia la perfecta homogeneidad de las piezas constituídas por hierro y hormigón.

Se construyen estos pilotes y tablestacas como las columnas ó pilares ordinarios, chaflanando sus extremos para facilitar su hinca. Se clavan en el terreno por medio de machinas á brazo ó de vapor, sin que los fuertes golpes á que se somete su cabeza consigan romperla, ni alterar la solidaridad de sus elementos.

Excusado es decir la ventaja que ofrecen estos pilotes indestructibles sobre los de madera y hierro que hasta ahora se conocían, y tratándose de obras de alguna importancia, su coste resulta tan económico como el de los pilotes de madera.

Hay ya ejecutadas un gran número de obras sobre estos pilotes, entre otras, un gran muelle en Southampton.

Envolviendo las cabezas de estos pilotes en una solera de hormigón armado, se obtiene una fundación perfectamente rígida, que ha de aplicarse en muchos puentes y muelles.

Cajones.—Para las fundaciones por aire comprimido ofrecen los cajones de hormigón armado ventajas indiscutibles sobre los análogos de hierro que hasta ahora se han empleado.

Asimismo he proyectado cajones de cemento armado que se lleven por flotación al emplazamiento de los diques y se sumerjen rellenándolos de hormigón, resultando este sistema más económico que el de los cajones de hierro que se han empleado en el puerto de Bilbao, por ejemplo, ofreciendo

además la ventaja de que la indestructibilidad de estas envolventes permite su relleno con hormigones más pobres.

Cubiertas.—Ya he citado numerosos casos de terrazas que he construído en fábricas y edificios, y no cabe dudar que en la mayor parte de los casos la terraza es la cubierta ideal, por decirlo así, por su economía y utilidad.

Construída con ciertas precauciones y recubierta con una ligera capa de asfalto, no hay temor de que se agriete ni deforme.

Pero cuando las luces exceden de 12 metros, ya resulta cara la terraza plana y es menester recurrir al empleo de verdaderas armaduras de hormigón armado. Debo, sin embargo, manifestar que entonces suelen resultar más costosas estas cubiertas que las de madera y aun las de hierro.

En cambio para cúpulas esféricas y cubiertas de formas caprichosas, se presta el hormigón armado á soluciones económicas y elegantes.

Muros y paredes.—Generalmente, los muros y paredes de hormigón armado son más caros que los que se efectúan con mampostería cuando se encuentra piedra abundante y próxima.

Hay muchos casos, sin embargo, en que puede convenir el hormigón armado. Para muros de pantanos, de presas ó depósitos de aguas, muros de muelles ó de caminos, estribos ó pilas en puentes en que actúan grandes empujes ó esfuerzos de tensión, puede resultar ventajoso el empleo del nuevo sistema, favorecido por circunstancias locales que dificulten á su vez el empleo de las fábricas ordinarias.

En muchos edificios también en que se requiere una gran rigidez de toda la obra, puede convenir sustituir los muros de ladrillo ó mampostería por un entramado de pilares y carreras unidos á los pisos, como he ejecutado la fábrica de harinas de Badajoz y la estación de Huete (páginas 37 y 49).

También conviene recurrir al empleo del hormigón armado cuando tiene gran importancia la reducción de espesores de muros, á causa de la escasez del terreno de que se disponga ó por el elevado precio de los solares, caso muy frecuente en grandes poblaciones.

Resumen de las ventajas del hormigón armado.

Economía.—No se puede precisar la economía exacta que presenta el empleo del hormigón armado, pues depende, no sólo de las circunstancias locales, sino de la cantidad de obra que se trata de ejecutar y de los esfuerzos á que ha de estar sometida la construcción.

En pisos, por ejemplo, la economía con relación á los pisos constituídos con viguetas de hierro, aumenta sensiblemente con las luces y con la sobrecarga. En crugías de cuatro á cinco metros, la economía no llegará á 10 por 100, y puede exceder de 50 por 100 en tramos de ocho á diez, para sobrecargas de 2.000 kilogramos por metro cuadrado.

Los pilares de hormigón armado son muy inferiores en coste á las columnas de hierro y fundición; la economía sobre estos oscila entre 20 y 60 por 100.

Los depósitos de hormigón armado resultan siempre más económicos que los ordinarios, sobre todo si se pueden hacer circulares.

Tratándose de puentes, la economía oscila entre 20 y 40 por 100 sobre el coste de tramos análogos de hierro, y ofrecen además la ventaja de suprimir toda conservación. La economía es mayor en puentes de carreteras que en los destinados á ferrocarriles.

Duración.—Algunos Ingenieros han puesto en duda la duración de las obras de hormigón armado, fundándose en que no ha pasado aún bastante tiempo para formular juicio sobre este punto.

Pero la experiencia y la lógica están felizmente de acuerdo para tranquilizarnos respecto á la indefinida duración de estas obras.

Por de pronto, hay obras de cemento armado que tienen veinte años, y en algunas de ellas, como por ejemplo, una tubería de Grenoble ejecutada en 1883, desde entonces enterrada en un suelo siempre húmedo y sometido á tres atmósferas de presión, ha podido observar una Comisión magna de

Ingenieros, al efecto nombrada (1), que el estado de conservación del hierro y hormigón era perfecto.

Igual observación se ha hecho en cuantas experiencias se han practicado.

Y no puede ser menos, pues lógicamente pensando, basta hacerse cargo de los elementos constitutivos del hormigón armado para formular una opinión motivada.

En efecto, el hormigón armado está formado por una mezcla envolvente á base de portland y por hierro ó acero, que es su armadura interior. Como es sabido, el cemento es el único material cuya dureza va aumentando con el tiempo. La madera, el hierro y hasta la piedra se van pudriendo, oxidando ó desmoronando bajo la acción de los agentes atmosféricos. Estos son, en cambio, los que contribuyen á endurecer el portland.

Respecto al hierro, ¿qué razón puede haber para que sufra, si por efecto de estar envuelto por mortero no le llegan ni el aire, ni el agua, cuyo oxígeno es el único corrosivo del metal?

Es más: está demostrado, y yo he podido comprobarlo varias veces, que barras de hierro muy oxidadas metidas en hormigón salen limpias al cabo de algún tiempo, presentando su exterior el color azulado que ofrecen cuando salen del laminador. El óxido de hierro que lo recubría se ha disuelto en la masa del mortero, combinándose quizá en forma de silicato férrico y tomando parte en las reacciones del fraguado.

Incombustibilidad.—Aunque sólo fuera esta ventaja, bastaría para evidenciar la superioridad del hormigón armado, sobre todo para fábricas, almacenes y edificios públicos.

Las experiencias que se han hecho para demostrar la extraordinaria resistencia al fuego de este material, no pueden ser más concluyentes.

Desde el año 1893 vienen haciéndose ensayos violentos sobre todos los sistemas de hormigón armado (2), sometiendo

---

(1) El acta que redactó esta Comisión se publicó en el núm. 6, tomo I, página 201, de EL CEMENTO ARMADO.

(2) En el libro *Le beton armé*, de Paul Christophe, segunda edición, página 711, se enumeran todas estas experiencias.

pisos y casetas á temperaturas de 1.000 á 1.200°, sin haber conseguido alterar siquiera la resistencia del hormigón. Éste es tan mal conductor, que en las experiencias al fuego se puede colocar la mano sobre una pared de 10 centímetros de espesor, cuya cara opuesta está calentada al rojo.

Sabido es, en cambio, que los pisos ó armaduras de hierro que muchos creen incombustibles, son por efecto de la gran conductibilidad del hierro tan sensibles á la acción de un fuego, que contribuyen, si no á propagarlo, por lo menos á hacer más destructores sus efectos, pues las columnas de fundición saltan, las viguetas se dilatan y derrumban los muros.

Han sido ya varios los edificios construídos, parte con hormigón armado y parte con hierro, donde el incendio ha respetado cuanto estaba construído con el nuevo material, y no ha dejado piedra sobre piedra en las naves ó pisos en que se había empleado exclusivamente las viguetas de hierro.

Impermeabilidad.—El hormigón, aun muy bien apisonado, es bastante permeable, sobre todo, con agua á presión; pero aumentando la riqueza de los morteros en la superficie en contacto con los líquidos, ó enluciendo, esta permeabilidad desaparece, y aunque en las primeras semanas puede á veces observarse cierta exudación, muy pronto quedan colmatados los poros del mortero con la cal que siempre contiene el agua.

Ventajas higiénicas.—Esta impermeabilidad se opone á la intrusión de parásitos, insectos, gérmenes pútridos ó morbosos, que no pueden eliminarse con los demás sistemas de construcción. Su dureza impide en absoluto la entrada de ratones y otros animales tan prolíficos como asquerosos.

Los pisos de cemento pueden limpiarse y hasta baldearse, y en nuestra época, en que con razón tanto se preocupan los Arquitectos de mejorar las condiciones higiénicas y sanitarias de los edificios, no es esta una de las menores ventajas que presenta el hormigón armado.

Resistencia á los ácidos.—El escaso efecto que la mayor parte de los ácidos ejerce sobre los buenos cementos, per-

mite el empleo económico del hormigón armado en muchos casos en que el hierro y la madera no resisten á la acción corrosiva de esos líquidos.

Así es que se han empleado con éxito cubas de este material en industrias químicas; ya he citado los depósitos y revestimientos para melazas que he construído para la Azucarera de Madrid en Arganda, y se han construído numerosas cubas para vinos, que no dan olor ni sabor á los caldos que contienen.

Condiciones estéticas.—Moldeándose el hormigón, claro es que se presta á todas las formas arquitectónicas que quiera darle el Arquitecto más fantástico, teniendo, sobre todo, en cuenta que para el hormigón no hay dificultad de construcción que no se solucione con valentía y ligereza.

Los grandes vuelos que permite el moldeo de los paramentos, afectando formas y perfiles variados, facilitan, por el contrario, la ornamentación, sin aumento sensible de coste.

Rapidez de ejecución.—Constituído el hormigón armado por elementos sencillos que se encuentran siempre en el comercio, como son hierros redondos, cemento y gravillas, pueden las obras comenzar inmediatamente; pues mientras los materiales se van acopiando, ármanse las cimbras y moldes con madera, que en todas partes se encuentra.

Se obtiene, pues, en estas obras la velocidad que se quiere; lo que no ocurre con los demás sistemas en construcción, que exigen casi siempre una preparación larga y un asiento ó montaje muy lento.

Rigidez.—Los sólidos de hormigón armado presentan una rigidez mucho mayor que los entramados metálicos, por efecto, sobre todo, de la rigidez propia del hormigón.

Así es que, las flechas producidas por las cargas son bastante inferiores á las que se observan en vigas de hierro de resistencia igual.

Además, la perfecta solidaridad que se obtiene entre todos los elementos que constituyen las obras de hormigón armado, asegura la indeformabilidad del conjunto. Un piso así

ejecutado no es ya un entramado de vigas y bovedillas: es un dintel rígido, sobre el que se reparte una carga concentrada en un punto. Constituye al mismo tiempo un anclado perfecto para todos los muros del edificio.

Esta rigidez, característica del hormigón armado, ofrece una ventaja apreciable en los depósitos de agua, en las placas de fundación, en las fábricas sometidas á grandes choques ó vibraciones.

Ya referí el caso de los muros del depósito de Llanes, que quedaron colgados de la cubierta, cuando se produjeron hundimientos en las cavernas del subsuelo, y otros muchos ejemplos pudieran invocarse.

Pero esta rigidez no excluye la elasticidad. Las piezas de hormigón armado tienen flechas que alcanzan cifras extraordinarias, sin que se rompan (1), y no pasando de ciertos límites, estas flechas desaparecen, al quitarse la sobrecarga, aunque se hayan presentado grietas en el hormigón.

Esta condición ofrece una garantía de seguridad que ningún otro material presenta, pues que para romper un sólido de hormigón armado se necesita aproximadamente el doble de la carga que ocasiona las primeras grietas en el hormigón.

Objeciones que se han hecho al hormigón armado.—La poca seguridad de los cálculos, las imperfecciones posibles de la mano de obra, la mala calidad de los cementos que puedan emplearse, algunos, muy pocos, accidentes ocurridos, son argumentos que aún invocan los escasos detractores que se atreven hoy á discutir las evidentes ventajas del hormigón armado.

Ya dije al principio de este trabajo, que, salvo algunas teorías fantásticas de ciertos inventores, las hipótesis que sirven de base para el cálculo de esta clase de obras son, por lo menos, tan racionales como las que sirven para determinar las dimensiones de muros y puentes de fábrica ó de hierro, y sobre todo, la sanción del éxito de millares de obras

(1) En experiencias que he practicado, obtuve flechas de 36 centímetros en dinteles planos de 6 metros de luz, formando dicho dintel una curva perfectamente regular.

evidencian que los métodos de cálculos empleados dan suficiente garantía de estabilidad y resistencia.

Verdad es que algunos accidentes, contadísimos por supuesto, en obras de hormigón armado, muy hábilmente explotados por los constructores de obras metálicas, han alarmado el espíritu vacilante de ciertos sabios; pero bien pronto se demostró que estas contingencias, de que no están exentas las obras ejecutadas con otros materiales, no eran debidas al hormigón armado como sistema, sino á errores de cálculo, á poca pericia de los encargados ú operarios ó á defectos de mano de obra y mala calidad de los materiales.

Tales peligros se evitan fácilmente, no confiando la ejecución de estas obras delicadas, que requieren proyectos bien estudiados, dirección inteligente, materiales escogidos y personal adecuado, sino á constructores que por sus condiciones técnicas y personales garanticen el éxito de la obra.

Y lo ha comprendido tan bien nuestro Consejo de obras públicas, que para las obras proyectadas por el nuevo sistema por los Ingenieros del Estado, ha recurrido al procedimiento de los concursos (1), renunciando al de subastas, hasta ahora siempre empleado para las contrataciones de las obras del Estado. De esta manera, la Administración se reserva el derecho de escoger, entre todas las proposiciones, la que le ofrezca mayor garantía, prescindiendo de economías peligrosas, que redundan casi siempre en perjuicio de las obras.

Resumen.—La descripción de mi sistema y de las obras por mí ejecutadas, el examen de las ventajas que ofrece el hormigón y la refutación de algunas objeciones que aún se hacen, bastan, á mi juicio, para evidenciar las múltiples aplicaciones que sin inconveniente alguno pueden hacerse de este nuevo sistema.

Ya hemos salido de la era de las experiencias.

La sanción de la práctica, los millares de obras construídas, el interés con que todos los sabios han seguido las inicia-

---

(1) Concurso para la ejecución de la cubierta del tercer depósito de Madrid (véase la *Gaceta* de 13 de Diciembre de 1901) y concurso para dos pasos superiores sobre el canal del Reguerón (provincia de Murcia, *Gaceta* de 7 de Abril de 1901).

tivas, á veces los atrevimientos de los constructores, la multiplicidad de artículos, libros y folletos que se dedican al hormigón armado, demuestran que en todos los países ha tomado ya carta de naturaleza este procedimiento de construcción.

No será la panacea del arte de construir, pero no cabe dudar que ofrece ventajas que no presentan ni la madera, ni el hierro, ni la piedra, y que resuelve con éxito y economía la mayor parte de los problemas de construcción.

OBRAS

DE

Hormigón y Cemento Armado

proyectadas y dirigidas

POR EL

Ingeniero de Caminos

D. José Eugenio Ribera.

MADRID
IMPRENTA DE RICARDO ROJAS
Campomanes, 8.—Teléfono 316.

1902

DEPÓSITOS DE HORMIGÓN Y CEMENTO ARMADO

Número		Presupuestos. — *Pesetas.*
1	Depósito de aguas de 1.000 m³ en Llanes (Asturias) para el Ayuntamiento. **Alcalde, D. Egidio Gavito**	35.000
2	Idem íd. de 500 m³ en Sama (ídem) para el Ayuntamiento. **Alcalde, D. Antonio María Dorado.**	20.000
3	Idem íd. en Valdesoto (ídem) para el **Sr. Marqués de Canillejas**	2.000
4	Idem íd. en Ciaño (ídem) para el Ayuntamiento. **Alcalde, D. Antonio María Dorado**	2.000
5	Silos de cemento en Tudela Veguín (ídem) para la Fábrica de cemento. **Director, D. Ventura Junquera**	37.000
6	Depósito de melazas en Arganda para la Azucarera de Madrid. **Arquitecto, D. Julio Zapata**	7.000
7	Depósito de agua elevado para la fábrica de Tudela Veguín. **Director, D. Ventura Junquera.**	2.000
8	Revestimiento de un depósito de 2.000 m³ en Mieres (Asturias) para el Ayuntamiento. **Alcalde, D. Manuel Gutiérrez**	18.000
9	Depósito de agua á 12 m. de altura para la Papelera Leonesa. **Ingeniero, D. Manuel Diz**	7.000
10	Idem íd. en Guadalajara para el contratista del Palacio-Asilo. **Arquitecto, D. Ramón Cura**	2.000
11	Nuevos silos de cemento en Tudela Veguín para la Fábrica de cemento. **Director, D. Ventura Junquera**	31.000
12	Nuevo depósito de melazas en Arganda para la Azucarera de Madrid. **Arquitecto, D. Julio Zapata**	7.000
13	Revestimiento de unos depósitos para melazas ídem íd. **Arquitecto, D. Julio Zapata**	8.000
14	Depósito de agua en Colloto (Asturias) para la Fábrica de productos celuloides. **Ingeniero, Don Carlos Alfonso**	2.000
15	Depósito de aguas de 20.000 m³ para el Ayuntamiento de Gijón. **Arquitecto, D. Luis Bellido**	295.000
16	Cubierta del depósito de 8.000 m³ de Oviedo. **Director, D. Luis López Planas**	40.000
	Suma y sigue	515.000

Número.		Presupuestos. — Pesetas.
	Suma anterior.....	515.000
17	Depósitos y cubas de varias clases y dimensiones para la Fábrica de almidón de Hernani. **Arquitecto, D. Manuel Echave**.....	32.000
18	Revestimiento de los depósitos para melazas de la Azucarera Ibérica (Casetas). **Gerente, D. Antonio García Gil**.....	24.000
19	Depósito y cubas de varias clases para la Papelera del Araxes (Tolosa). **Gerente, D. Pedro Vignau**.....	6.000
20	Gran depósito de decantación para la Fábrica de Almidón de Hernani. **Arquitecto, D. Manuel Echave**.....	16.000
	4 Depósitos para aguas amoniacales, en la fábrica de La Felguera. **Director, D. Ventura Junquera**.....	4.800
	SUMA.....	597.800

PUENTES DE HORMIGÓN Y CEMENTO ARMADO

Número.		Presupuestos. — Pesetas.
1	Puente de Ciaño (Asturias). Reposición de un tablero para el Estado. **Ingeniero Jefe, D. Francisco P. Casariego**.....	2.000
2	Puente de Candin (ídem). Ayuntamiento de Langreo. **Alcalde, D. Antonio María Dorado**.....	2.000
3	Puente de Vegadotos (ídem). Ayuntamiento de Mieres. **Alcalde, D. Manuel Gutiérrez**.....	1.500
4	Idem de Río Turbio. Idem, íd., íd.....	1.500
5	Pontón de Santa Rosa. Idem, íd , íd.....	1.000
6	Puente de Cabojal. Idem, íd., íd.	8.000
7	Puente de la Exposición de Gijón. **Arquitecto, D. Luis Bellido.** (Medalla de oro).....	2.000
	Suma y sigue.....	17.000

Número.		Presupuestos. — *Pesetas.*
	Suma anterior.....	17.000
8	Puente de la Cuadriella (Asturias). Ayuntamiento de Mieres. **Alcalde, D. Manuel Gutiérrez**.....	6.000
9	Idem de Valdecuna. Idem, íd., íd.....	2.000
10	Paso superior de Cieza. Ferrocarril del Mediodía. **Ingeniero, D. Ramón Peironcely**.....	2.000
11	Ensanche del puente de Gijón para el Estado. **Ingeniero, D. Gabriel Pérez de la Sala**.....	5.000
12	Puente de Colloto (Asturias). Fábrica de celuloide. **Ingeniero, D. Carlos Alfonso**.....	2.000
13	Puente de Rentería (Guipúzcoa). Ayuntamiento **Arquitecto, D. Ramón Cortázar**.....	8.000
14	Reparación del puente de Santullano (Asturias) para el Estado. **Ingeniero, D. Gabriel Pérez de la Sala**.....	18.000
15	Acueducto de 60 metros para la Papelera del Araxes (Tolosa). **Gerente, D. Pedro Vignau**.....	14.000
16	Puente de 30 metros de luz en Golbardo (Santander). **Ingeniero, D. Alberto Corral**.....	40.500
17	Ensanche del puente de Vergara (Guipúzcoa). **Ingeniero, D. Luis Echevarría**.....	8.000
18	Viaducto y ensanche del puente de Villafranca del Vierzo. **Ingeniero, D. Manuel Diz**.....	72.000
19	Paso superior de Hellín. Ferrocarril de Madrid, Zaragoza y Alicante. **Ingeniero, D. Ramón Peironcely**.....	1.800
20	Puente de Ganzo, arco de $18^{m},50$ de luz para el Ayuntamiento de Torrelavega. **Ingeniero, Don Ramón Sáinz de los Torreros**.....	9.000
	SUMA.....	206.300

FABRICAS DE HORMIGÓN ARMADO

Número.		Presupuestos. — *Pesetas.*
1	Fábrica de cemento de Tudela Veguín (Asturias). Todos los pisos. **Director, D. Ventura Junquera**	25.000
2	Fábrica de harinas de Badajoz. Todo el edificio. **Propietario, D. José María Ayala**.....	32.000
3	Azucarera de Lieres (Asturias). Un almacén de azúcar. **Gerente, D. José La Roza**.....	16.000
4	Fábrica de gas (Oviedo). Varios pisos. **Director, D. Narciso Vaquero**.....	3.000
5	Casa de máquinas del Ayuntamiento de Mieres. **Alcalde, D. Manuel Gutiérrez**.....	12.000
6	Papelera de Araxes (Tolosa). Varios pisos y terrados. **Gerente, D. Pedro Vignau**.	31.000
7	Azucarera de Villalegre (Asturias). Un almacén de azúcar. **Arquitecto, D. Manuel Busto**.....	28.000
8	Central eléctrica de Zamora. Pisos y terrazas. **Ingeniero, D. Federico Cantero**.....	4.000
9	Fábrica de ladrillo piedra (Madrid). Todos los pisos y cubiertas. **Arquitecto, D. Julio Zapata**.....	28.000
10	Fábrica de almidón de Hernani (Guipúzcoa). 3.000 metros cúbicos de pisos, pilares y cubiertas. **Arquitecto, D. Manuel Echave**.....	110.000
11	Idem de productos cerámicos (San Sebastián). 2 500 m³ de pisos y cubiertas. **Arquitecto, Don Manuel Echave**	95.000
12	Idem de cervezas de Colloto (Asturias). Varias terrazas. **Gerente, D. José La Roza**.....	6.000
13	Idem de productos químicos del Aboño (Gijón). Todas las soleras de cimentación. **Director, D. Agustín Bourcoud**.....	90.000
14	Pabellón del Marqués de Santillana en el Palacio Real de Madrid. Una solera de cimentación. **Ingeniero, D. Antonio G. Echarte**.....	1.000
15	Casa de máquinas de la Sociedad Euskalduna (Bilbao). **Ingeniero, D. Recaredo Whagon**....	30.500
16	Piso para 3.000 k. de sobrecarga por m² para la Fábrica de yeso de Oviedo. **Director, D. Narciso H. Vaquero**	2.600
	Suma y sigue.....	514.100

Número.		Presupuestos. — Pesetas.
	Suma anterior.....	514.100
17	Pilares y solera de cimentación de una nueva nave en los talleres de los **Sres. Jarreño y Compañía**. Madrid.....	8.000
18	Vigas de apoyo para las turbinas del Marqués de Santillana, en Colmenar Viejo. **Ingeniero, Don Antonio G. Echarte**.....	1.500
	SUMA.....	523.600

EDIFICIOS DE HORMIGÓN ARMADO

Número.		Presupuestos. — Pesetas.
1	Cárcel modelo de Oviedo (Diputación). 7.000 m² de pisos. **Arquitecto, D. Nicolás Rivero.** Contratista que nos los encargó, **D. José La Roza**....	88.000
2	Ayuntamiento de Eibar (Guipúzcoa). Todos los pisos. **Arquitecto, D. Ramón Cortázar**.....	35.000
3	Teatro de Avilés (Asturias). Todos los pisos y columnas, **Arquitecto, D. Manuel Busto**.....	48.000
4	Estación de Huete (Cuenca), ferrocarril del Mediodía. **Ingeniero, D. Ramón Peironcely**.....	10.000
5	Banco Guipuzcoano (San Sebastián). Todos los pisos y columnas. **Arquitectos, D. Ramón Cortázar** y **D. Luis Elizalde**.....	60.000
6	Hotel de D. José María Escriña (Oviedo). Una terraza.....	2.000
7	Cárcel de Bermillo (Zamora). Todos los pisos. **Arquitecto, D. Segundo Viloria**.....	6.000
8	Cuarteles de Gijón (Asturias). Todos los pisos y pilares. **Arquitecto, D. Luis Bellido**.....	140.000
	Suma y sigue.....	389.000

Número.		Presupuestos. — Pesetas.
	Suma anterior.....	389.000
9	Banco Español de Crédito (Madrid). Revestimiento y soleras en todos los sótanos. **Arquitecto, Don Julio Couilloud**.....	18.000
10	Terraza en el Palacio del Marqués de Arguelles. (Madrid). **Arquitecto, D. Julio Zapata**.....	2.000
11	Palacio para archivo provincial de Tolosa para la Diputación provincial de Guipúzcoa. Todos los pisos y pilares. **Arquitecto, D. Manuel Echave**.	52.000
12	Refuerzo en una medianería con un entramado de hormigón armado. **Propietario, D. Manuel Valdés Hevia**.....	2.400
	SUMA.....	463.400

RESUMEN

	Pesetas.
21 depósitos de hormigón armado....	597.800
20 puentes de ídem.....	206.300
18 fábricas de ídem.....	523.600
12 edificios de ídem.....	463.400
Total: 71 obras de hormigón y cemento armado, importando.....	**1.791.100**

OBSERVACIÓN IMPORTANTE. Debe notarse por la lista que antecede, en la que figuran los nombres de las personas que nos han encargado la ejecución de las obras, que casi todos los que nos han honrado, confiándonos alguna construcción, han quedado tan satisfechos *del sistema y del constructor*, que no han vacilado en encargarnos otras muchas.

Así, por ejemplo:

(1) Para el Arquitecto D. Ramón Cortázar, hemos construído sucesivamente dos grandes edificios y un puente.

(2) Para el Arquitecto D. Luis Bellido, un puente, los pisos de los cuarteles y el depósito de Gijón.

(3) Para el Arquitecto D. Manuel Echave, hemos construído dos grandes fábricas, un edificio y varios depósitos y cubas.

(4) Para el Arquitecto D. Julio María Zapata, una fábrica, tres depósitos y una terraza.

(5) Para el Arquitecto D. Manuel Busto, el Teatro de Avilés y la Azucarera de Villalegre.

(6) Para el Ingeniero D. Ventura Junquera, una fábrica, dos grandes silos y cinco depósitos.

(7) Para el Ingeniero D. Ramón Peironcely, un puente y una estación.

(8) Para el Ingeniero D. Manuel Diz, un depósito de aguas y un puente.

(9) Para el Ingeniero D. Gabriel Pérez de la Sala, el ensanche de dos puentes.

(10) Para el Ingeniero D. Carlos Alfonso, un puente y un depósito de aguas.

(11) Para D. José La Roza (Oviedo), los pisos de la cárcel de Oviedo, de la Azucarera de Lieres y fábrica de cervezas de Colloto.

(12) Para D. Narciso H. Vaquero, varios pisos en dos fábricas y el depósito de aguas de Oviedo.

(13) Para el Ayuntamiento de Mieres, un depósito, seis puentes y una fábrica.

(14) Para el Ayuntamiento de Langreo, un puente y dos depósitos.

(15) Para la Papelera de Araxes, un acueducto, varios pisos y terrazas y varios depósitos y cubas.

Consideramos esta repetición de encargos mucho más elocuente que la presentación de los certificados de pruebas de cuantas obras nos han encargado, que están, por lo demás, á la disposición de nuestros clientes.

Madrid, 10 de Diciembre de 1902.

J. Eugenio Ribera.