

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

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

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

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

EMPLEO DEL MORRILLO Ó CANTO RODADO EN LAS CONSTRUCCIONES ⁽¹⁾

Limita la provincia de León por el Norte, separándola del Principado asturiano, la cordillera Cántabro-Astúrica, los antiguos Montes Herbáceos, poderosa barrera rocosa

y subdividirse en numerosas ramificaciones que ocupan toda la región Galaica.

De su línea divisoria se desprenden hacia el Sur fuertes estribaciones, altos contrafuertes que separan y forman los valles por donde corren los ríos que riegan la tierra leonesa, todos paralelos sensiblemente y todos igualmente orientados.

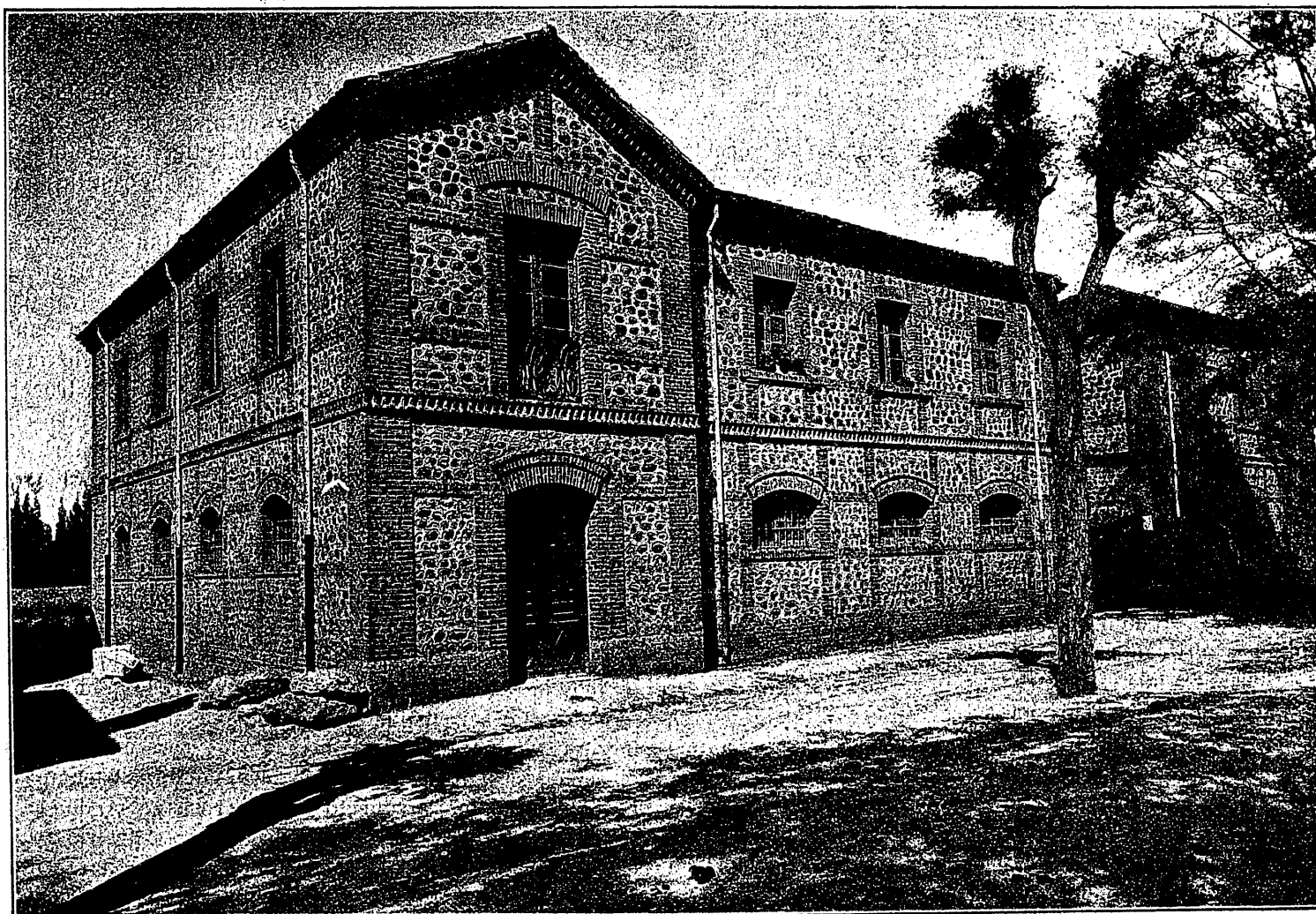


Fig. 1 *

que, como continuación de la Pirenaica, avanza en dirección Este-Oeste hacia el Océano, terminando por dividirse

En la primera zona de estas cuencas las aguas se abren paso y corren por entre altos cantiles de roca, por verdaderos desfiladeros, gargantas y cañadas; el valle es tan estrecho, que apenas queda sitio para formar pequeñas vegas,

(1) Memoria presentada al Congreso de Ciencias de Valencia.

salvo en los ensanchamientos, pues todos afectan la formación en rosario, y la pendiente longitudinal es muy fuerte, é interrumpida por saltos y escaleras, de tal modo, que los ríos son verdaderos torrentes, con su acompañamiento de rápidos y cascadas.

No les falta ninguna de sus características, régimen desigual, repentinas y destructoras crecidas, grandes estiajes y constante formación y arrastre de materiales rodados, morrillos, gravas, arenas y grandes cantos redondeados, productos de la destrucción de las laderas y de los grandes ó pequeños desprendimientos que en los contrafuertes y paredes de roca producen los hielos y otros agentes atmosféricos ó la erosión de su pie por la corriente.

Las aguas, con su constante acción, van poco á poco transformando los productos de este trabajo de destrucción, hasta convertir los planos de origen en superficies curvas y destruir todos los ángulos y aristas para llegar á las formas redondeadas.

Al salir de la región montañosa, al abandonar los ríos, las formaciones secundarias y terciarias y entrar en el terreno diluvial, la topografía del terreno cambia, y de accidentada y abrupta que era se transforma en entrellana; los valles se ensanchan y los ríos corren por entre elevaciones del terreno, algunas algo acentuadas, surcando sin cauce fijo extensas y ricas vegas; pero sin perder por completo su carácter torrencial, pues la pendiente de la línea de agua oscila entre el $\frac{1}{4}$, y el 1 por 100.

Más adelante, en la zona tercera y última, se entra en la región de los grandes valles, de los extensos terrenos llanos en que las vaguadas tienen una inclinación muy suave é igual y las aguas corren mansamente con poca velocidad sin que apenas algún tramo de mayor pendiente rice las aguas en pequeños rápidos.

El terreno diluvial que constituye el fondo del valle principal y de los afluentes en la zona montañosa, y los cerros ó colinas de la entrellana, están formados casi en su totalidad por arcillas y grandes aglomeraciones de tierra y piedras rodadas, muchas de gran volumen, producto de las erosiones y trabajo de las aguas y hielos en la época glacial; pero como aquellas fuerzas y agentes del dinamismo terrestre fueron de mucha mayor potencia é intensidad que los que trabajan hoy en igual forma, sus efectos habían de ser mayores, y así se ve que no sólo el tamaño de los cantos rodados, en general, no guarda proporción con los de formaciones recientes las aluviales, sino que la resultante del trabajo de erosión llega hasta abrir grandes y profundos valles, y el de transporte y depósito á formar elevadas colinas y altiplanicies.

Claro está que estos terrenos diluviales son hoy socavados también y destruidos por las corrientes, y que los cantos rodados que contienen productos de la acción de las aguas en anteriores épocas, vienen á unirse y confundirse en el cauce actual de los ríos, con los que de formación reciente arrastran éstos.

Tenemos, pues, en estos ríos tres zonas; la primera de producción de materiales rodados, grandes cantos, morrillos, gravas de diverso tamaño y arena; la segunda, de depósito y almacenamiento de estos materiales, y de los que, procedentes de la época diluvial, caen á las corrientes desde las laderas por arrastre de arroyos y arroyadas en época de lluvias y derretimiento de nieves, y la tercera, á la que, por la poca velocidad de la corriente, no pueden llegar en su lenta marcha los morrillos ó cantos rodados de regular ta-

maño y cuyo lecho sólo está formado de pequeños cantos, gravas y arenas.

Estas tres zonas se caracterizan perfectamente en todos los ríos de León y en muchos de otras provincias; pero los que pueden considerarse como ejemplares tipos por la completa separación de tramo y lo determinado de los caracteres, son los que pertenecen á la cuenca del Duero y bajan paralelos en dirección Norte á Sur desde los puertos de la cordillera principal los Luna, Bernesga, Torio, Curueño, Porma y Esla.

Y este estado de equilibrio se mantiene constantemente, porque si las cuencas altas trabajan sin descanso en la producción de materiales, en la intermedia ó de depósito no sólo se guardan los de grande y mediano tamaño, sino que se transforman por la continuada acción de las fuerzas destructoras, arrastres, choques, etc., en otros más pequeños que pasan á la región inferior, constituyéndose así una situación inalterable, podemos decir en que cada uno de los grandes tramos recibe, por un extremo los materiales que por el otro entrega transformados, hasta llegar al depósito general de las arenas, al mar.

Como el hombre ha aplicado siempre para sus construcciones los materiales que tienen á mano, resulta que los caracteres de estas tres zonas tan distintas de nuestros valles se traducen en el aspecto general de los pueblos. En la primera explota canteras de calizas, cuarcitas y pizarras, y edifica sus casas y cerca sus fincas con estos materiales; en la segunda emplea como elemento principal de construcción el morrillo ó canto rodado, y en la tercera, no encontrando materiales pétreos y no pudiendo emplear por su excesivo coste los hormigones, aprovecha sólo la tierra, y de tapiales y ladrillos levanta viviendas, iglesias y hasta castillos en la época medioeval.

En ninguna comarca, hemos dicho, está tan caracterizada la zona intermedia de depósito de materiales arrastrados como en la provincia de León; en parte alguna se trabaja la fábrica de mampostería de morrillo tan bien, ni tiene tantas ni tan variadas aplicaciones, como si en el beneficio que la naturaleza hace transportando materiales de construcción por los ríos á una región en que no hay cantera alguna, obligase á aprovecharlos en todos los usos y aprovecharlos de la mejor manera posible.

De esta fábrica de mampostería de morrillo nos vamos á ocupar, pues creemos que merece se conozca en detalle para propagar su empleo, porque son grandes los servicios que puede prestar y las aplicaciones de que es susceptible.

El examen y estudio de las construcciones antiguas demuestra que siempre se ha empleado como fábrica principal en toda la región entrellana de la provincia la mampostería de morrillo; pero donde las aplicaciones han sido más numerosas y generales, donde los métodos y procedimientos de ejecución se han perfeccionado más, donde las mamposterías presentan mejor aspecto y mayor resistencia, donde, en suma, en encuentran las fábricas tipos, por decirlo así, es en esta ciudad y sus contornos, y no es de extrañar, porque las canteras más próximas se encuentran á distancias de más de 26 kilómetros, y los ríos Bernesga y Torio, en cuya confluencia se asienta la antigua urbe, ofrecen enormes depósitos constantemente renovados por las avenidas de cantos rodados de todas dimensiones, desde los grandes de 20 y hasta 40 centímetros en su mayor longitud, hasta la grava, pasando por todos los grados de la escala de tamaños.

Puede decirse, sin temor á equivocarnos, que los cimien-

tos de todos los edificios construídos en León desde que la *Legión Romana VII Gemina* estableció su campamento, origen de la ciudad, son de mampostería de morrillo, fábrica muy indicada para este empleo, por cuanto contenida, como en un molde, por las paredes de la zanja, los materiales redondeados que la forman, bien acunados entre sí, no pueden tener movimiento alguno.

Pero en vista del buen resultado obtenido, y quizás guiados por los ensayos de los que á todo trance buscaban fábricas económicas, se empezó á emplear también en elevaciones, cercas, paredes de cierre y aun de carga, y viendo que resistían perfectamente que la trabazón de los materiales era perfecta, á pesar de sus formas que parecen contraindicadas para este caso, y que la resistencia nada dejaba que desear, su uso se fué extendiendo más y más y su empleo se hizo general, entrando á figurar entre las fábricas corrientes de construcción, y aun más, figurando á la cabeza de ellas por su economía dentro de un buen empleo y hasta un decorativo aspecto.

Las murallas construídas en la época romana para defensa del campamento, embrión de la actual ciudad, eran en su mayor parte de mampostería de morrillo con paramentos del característico sillarejo romano, el *opus concertum*. Esta fábrica, por el fraguado completo de los morteros, ha llegado á un estado tal de unión entre sus elementos, que cuando hay que destruir alguno de los pocos trozos que de ella quedan ofrece la misma resistencia que el conglomerado natural de mayor dureza y es preciso emplear cuñas y pistoletes.

La primitiva muralla fué arrasada por Almanzor en las luchas de la época de la Reconquista y reconstruída poco después, empleándose en ella los materiales de la derruída, y principalmente el morrillo ó canto rodado en sus grandes y altos lienzos y aun en el paramento de los fuertes cubos ó torreones de defensa.

Posteriormente, en el año 1324, se acordó ampliar el recinto amurallado, porque la población había crecido mucho, desbordándose el caserío fuera de las antiguas líneas, y la

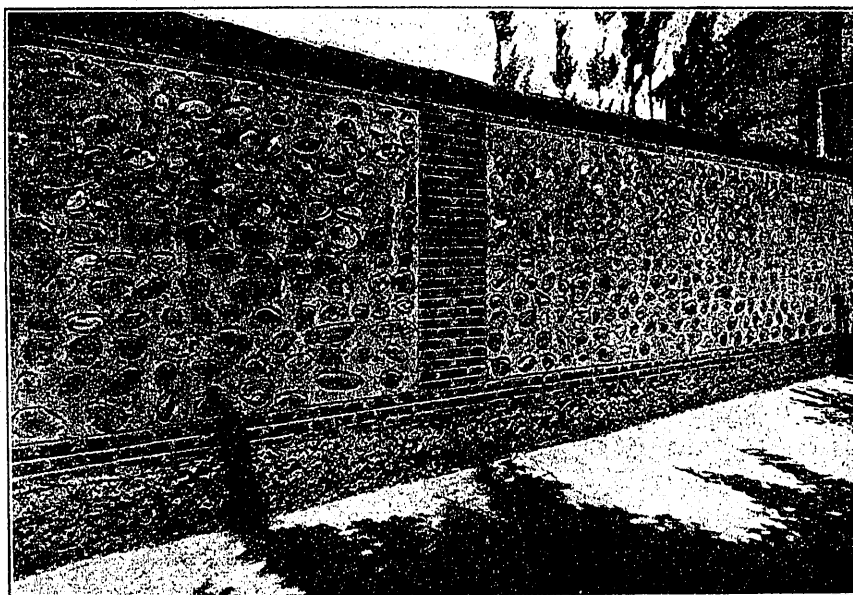


Fig 2.ª

Ejemplos numerosos podríamos citar antiguos y modernos en la mayor parte de los pueblos de la región, sobre todo los situados cerca de los depósitos de grandes bloques redondeados, que ya no pueden clasificarse como morrillos de la época glacial, quizás canchales, terminales ó laterales de aquellos antiguos mares de hielo, y que por el trabajo de erosión actual han vuelto al cauce de las corrientes, se les emplea labrados groseramente, como sillería basta, ó como sillarejo en las esquinas de las casas, ó en el recuadro de los huecos.

La carretera de León á Caboalles, en sus kilómetros 24 al 28, que atraviesa una de estas zonas, tiene muros de sostenimiento, algunos con altas sobrecargas bastante elevados, construídos con grandes bloques rodados, que se conservan perfectamente desde hace muchos años sin presentar la menor grieta ó indicio de destrucción.

En otros muchos trozos de carreteras se ha empleado con excelente resultado el morrillo de dimensión media para paredillas, estribos, aletas y tímpanos de atarjeas y alcantarillas, y en las impostas, boquillas, cadenas, arcos, etc., la sillería ó el ladrillo, resultando obras muy resistentes, muy económicas, y no sólo de buen aspecto, sino hasta decorativas por la combinación de fábricas distintas.

nueva defensa se hizo casi en su totalidad de mampostería de morrillo, conservándose aún grandes tramos sin una grieta, sin signos de ruina, atestiguando la bondad de la fábrica y su esmerada ejecución, á pesar de que á primera vista parece que no han de resistir mucho á la acción del tiempo y de los agentes atmosféricos los altos muros hechos con materiales redondeados sin trabazón alguna.

Las elevadas cercas de heredades pertenecientes al antiguo convento de San Claudio, extramuros de esta ciudad, que datan quizás del siglo XIII, son bonito ejemplar de una construcción en que no entra piedra alguna que no haya sido rodada y arrastrada por el río.

En los castillos, torreones y atalayas de la época medioeval y de principios de la moderna, cuyos restos se elevan en esta zona, se empleó también con profusión la mampostería de morrillo.

Y con el transcurso del tiempo, con los adelantos en los sistemas de construcción y los nuevos y más perfeccionados métodos ha seguido empleándose el morrillo, y ha seguido este modesto material prestando, por su economía y abundancia, los grandes servicios que en las épocas históricas.

Sólo que hoy se ha perfeccionado su ejecución, y aun siguiendo en general las maneras antiguas, cuando se quiere

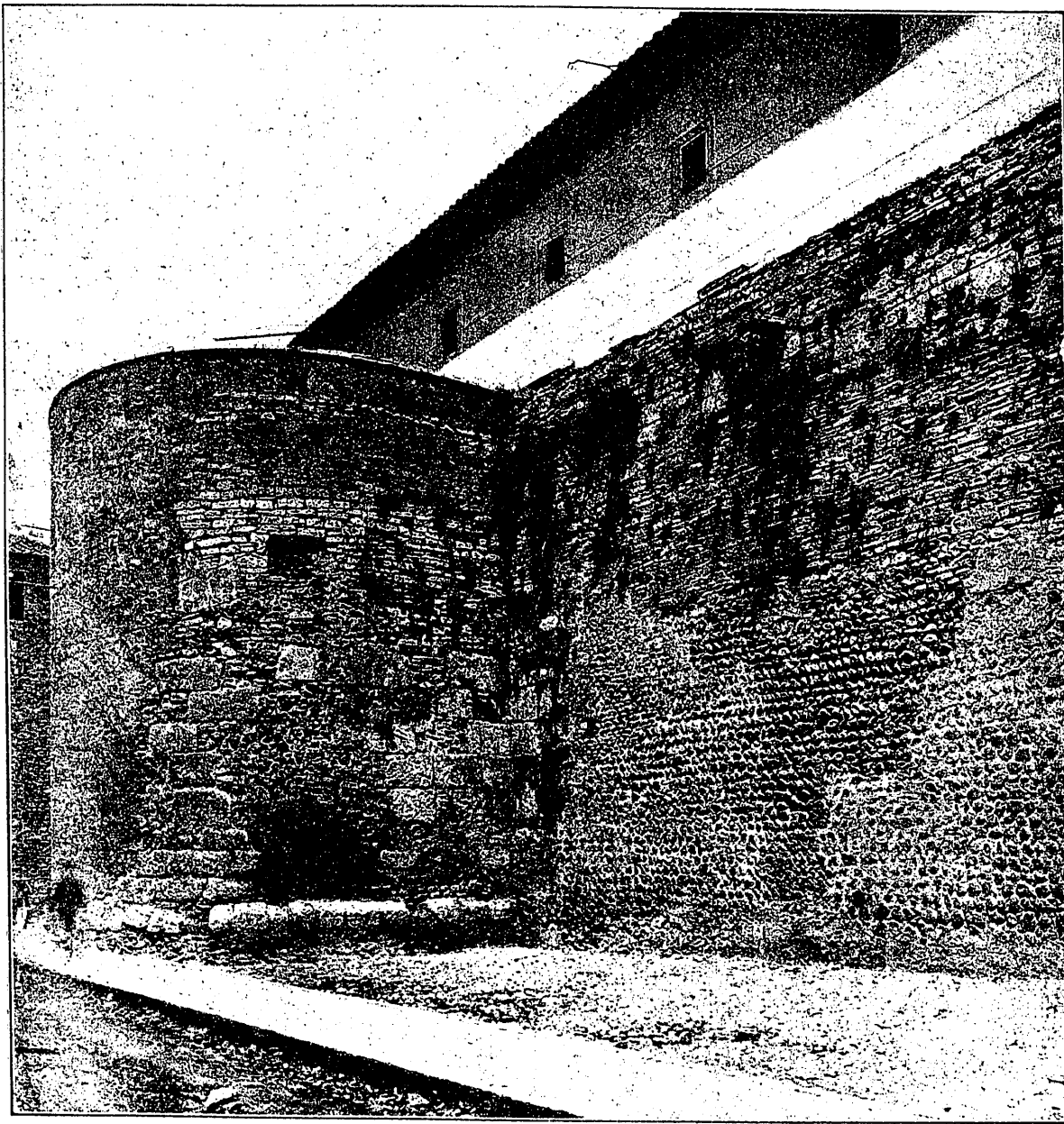
dar á las cercas, muros y paredes mayor resistencia y mejor aspecto, se le encuadra en grandes cajones hasta de 6 y 8 metros de longitud por 2 ó 3 metros de altura, entre pilares y verdugadas de ladrillo, combinación de fábricas y colores que resulta decorativa y artística, sobre todo cuando se han estudiado bien las dimensiones y proposiciones de los elementos.

Ejemplos bien notables son el muro de cerca de una finca á la entrada de la ciudad en la principal calle de Ordoño II, que representa la fotografía núm. 2, y el edificio, todo de ladrillo y morrillo, construído para Parque almacén de obras públicas, fotografía núm. 1.

dos debía venirse al suelo bajo la acción de la menor sobrecarga.

Bien es verdad que todo depende, lo mismo que pasa en los hormigones, de la bondad de los morteros y del esmero de la mano de obra de ejecución, así como en el empleo de método de construcción que tradicionalmente han venido conservándose entre los artífices leoneses.

Los morrillos del paramento deben ser elegidos entre los mayores y más regulares y colocarse á mano, siguiendo las cuerdas, bien acompañadas de mortero y bien acuñadas, no buscando la posición de máxima estabilidad, sino al contrario, procurando más bien el apoyo de unos en otros, se-



Debe citarse también, como modelo interesante de resistencia, el segundo cuerpo de cimientos de la fábrica «Papelera Leonesa», construído fuera del terreno con macizos de mampostería de morrillo, de 6 metros de longitud, 1,20 metros de altura y 0,80 metros de ancho, separados por pilares de ladrillos. Sobre esta base se cargaron, sin esperar apenas al fraguado de los morteros, los muros de ladrillo de 0,60 metros de espesor y de 5 metros de altura, que sostenían transmisiones y máquinas de gran peso, no produciéndose la menor grieta ni el más pequeño movimiento, cuando parecía que aquel conjunto de elementos redondea-

gún líneas inclinadas, que varían de dirección de una hilada á otra. Formando un cajón de una fila de morrillos de espesor por la de los dos paramentos y los pilares de ladrillos de los extremos, se rellena poco á poco el interior con mortero muy abundante, y en él, colocándolos fuertemente á mano y golpeándolos con el martillo, se van poniendo los demás cantos, constituyéndose así un verdadero hormigón de grandes elementos. Sobre esta capa de morrillos se vierte mortero algo fluido, que rellene por completo los huecos que quedan, y en él se incrusta con la paleta toda la grava que se pueda, haciéndola acuñarse entre los morrillos,

quedando así formada una superficie horizontal, sobre la que se continúa construyendo en igual forma.

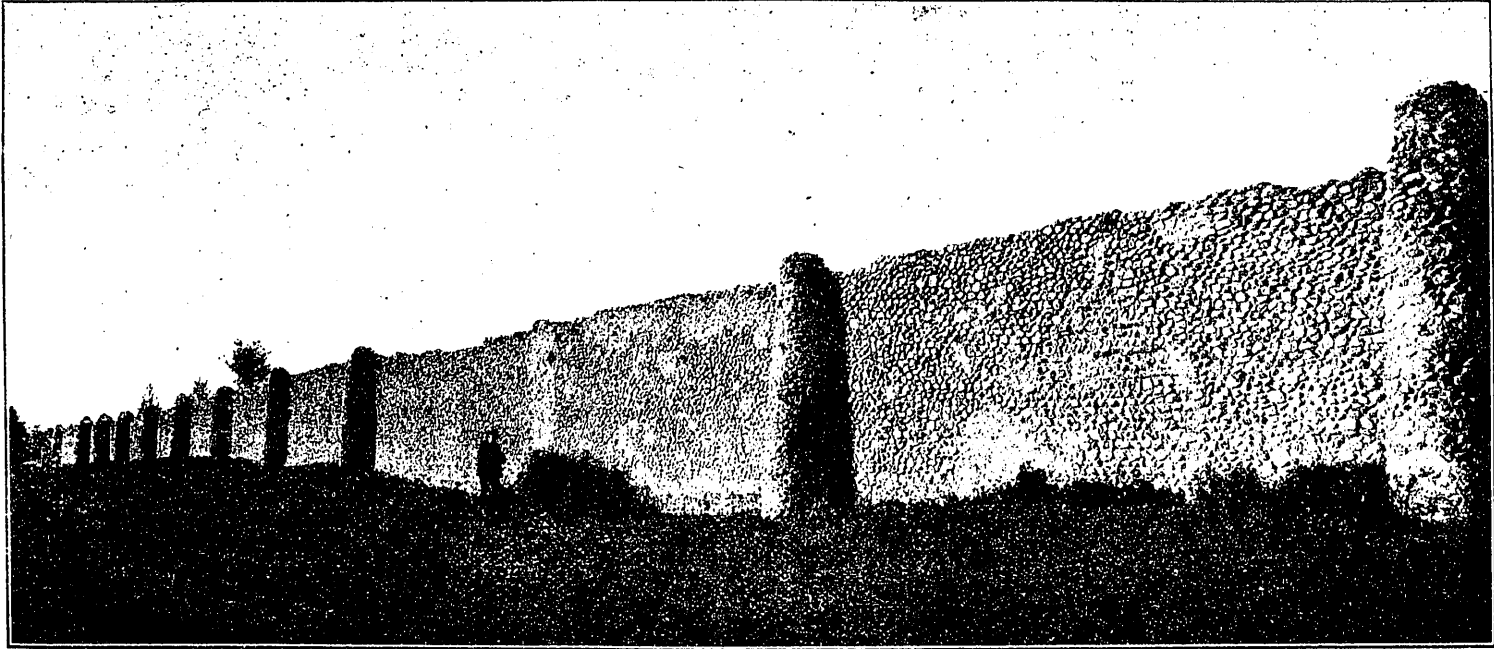
Este es el método general que, claro está, varía con el espesor de los muros, pues hay casos en que las filas de los paramentos se tocan y hay que buscar entonces el mejor enlace entre una y otra, reduciéndose á un mínimo el empleo de la gravilla.

Cuando los paramentos han de quedar al descubierto, se hace un enlucido de mortero de cemento recortando en él las cabezas diferentes de los morrillos con líneas curvas, presentando al conjunto el aspecto de un mosaico, como puede verse en las fotografías ya citadas.

Obras públicas de León, no pudieron ser más satisfactorias, demostrándose palpablemente que aquella feliz iniciativa entraba de lleno en el terreno de la práctica, y que se disponía en lo sucesivo para voltear arcos en terrenos desprovistos de canteras, pero cruzados de ríos con depósitos de canto rodado, de una nueva fábrica, pues como tal debe considerársela, resistente y económica, es decir, llenando todas las condiciones apetecibles.

Para las experiencias se construyeron dos arcos de 10 metros de luz y 1 metro de ancho, rebajados el núm. 1 al 1/10 y el núm. 2 al 1/15.

Con el fin de evitar el gasto de madera para cimbras y



La fábrica de mampostería de morrillo tiene también muy útil empleo en combinación con la mampostería ordinaria de piedra de cantera, hasta en la proporción de un 50 por 100.

Se obtienen fábricas muy resistentes, muy fuertes y económicas que se han empleado con mucha frecuencia en varios trozos de carretera de esta provincia, en la construcción de grandes muros de sostenimiento y de acompañamiento de puentes. Merecen citarse los muros-diques del encauzamiento del río Bernesga de esta ciudad, verdaderos molinos.

Puede también emplearse el morrillo para disminuir el precio de los hormigones, incrustándoles en esta fábrica al tiempo de la ejecución.

Sobre todo en grandes macizos como los estribos de puentes, tiene indicada y útil aplicación esta fábrica mixta, pudiéndose llegar con una ejecución esmerada, sin perjudicar en nada á la resistencia de la obra, hasta emplear morrillos grandes en la proporción de un 25 ó un 30 por 100.

Con hormigones de gravilla, que según ha demostrado la práctica son los mejores y más resistentes, aquella fábrica no es más que la reproducción artificial de las durísimas rocas conglomeradas que la naturaleza nos presenta en muchos terrenos.

Inspirándose en el estudio de estos ejemplos, tuvo la idea mi distinguido compañero el Ingeniero D. Bienvenido Oliver de construir bóvedas de hormigón de gravilla con morrillo incrustados en la masa, y el resultado de las pruebas, hechas con los elementos y la ayuda de la Jefatura de

moldes, y para obtener al mismo tiempo la mayor rigidez y resistencia en estos medios auxiliares, se utilizaron unos bancos de arcilla muy dura que existen en los taludes de la carretera de Adanero á Gijón, á 2 kilómetros de esta capital, excavando en ella la forma de los arcos y del macizo de estribos que de este modo por el empotramiento resultante podía considerarse que continuaban en el poderoso banco, constituyéndose así apoyos indeformables.

Una vez fraguado el hormigón se desmontó la arcilla.

Las dimensiones generales son las siguientes, como se indica en los croquis:

ARCO NÚM. 1

Luz	10,00 metros.
Flechas.....	1,00 »
Espesor en la clave.....	0,40 »
Idem en los arranques.....	0,43 »
Altura de estribos.....	0,50 »
Espesor de estribos.....	2,00 »
Angulo en el centro.....	45º 14,30 »
Radio del círculo de intradós.....	13,00 »
Idem id. del trasdós.....	13,865 »

ARCO NÚM. 2

Luz	10,00 metros.
Flechas.....	0,66 »
Espesor en la clave.....	0,50 »
Idem en los arranques.....	0,52 »
Altura de estribos.....	0,50 »
Espesor de estribos.....	2,00 »
Angulo en el centro.....	30º 4,30 »
Radio del círculo de intradós.....	19,27 »
Idem id. del trasdós.....	20,35 »

Se emplearon tres clases de hormigón; el núm. 1 para los estribos, hasta el plano situado á la altura de los arranques del arco del trasdós, más rico en cemento para asegurarse de la dureza y resistencia de los apoyos; el núm. 2 para la bóveda, y el núm. 3 para el resto de la obra.

El dosado de estas mezclas se fijó con arreglo á los cuadros de Candlot en su obra *Cemento y cales hidráulicas*; pero las proporciones del cuadro son las que resultaron en realidad por metro cúbico del hormigón medido en obra:

HORMIGÓN	CEMENTO Kilogramos.	ARENA Litros.	GRAVILLA Litros.
Número 1.. . . .	339	543	815
Número 2.. . . .	211	422	823
Número 3.. . . .	110	440	561

Las dosis de cada masera fueron:

HORMIGÓN	CEMENTO Kilogramos.	ARENA Litros.	GRAVILLA Litros.
Número 1.....	50	80	120
Número 2.....	50	100	195
Número 3.....	50	200	255

La gravilla empleada en los hormigones núms. 1 y 2, tenía dimensiones comprendidas entre 0^m,0,20 y 0^m,0,25; la correspondiente al núm. 3, la tenía entre 0^m,0,30 y 0^m,0,40; en este último, el volumen de morrillo incrustado en la masa, pasaba de la cuarta parte del total, mientras que en los núms. 1 y 2 estaba comprendida entre la cuarta y la quinta parte.

La ejecución de estas fábricas se hizo por capas horizontales en la siguiente forma: se vertía en obra primero una tongada de hormigón de unos 10 centímetros de espesor, y después de bien apisonada se colocaban sobre ella á mano los morrillos, escogidos por su tamaño con dimensión media de 15 centímetros, y separados 8 ó 10, todos bien lavados y húmedos; sobre ellos se echaba hormigón hasta cubrirlos en una altura de 5 ó 6 centímetros y por pequeñas porciones, apisonando con todo cuidado y procurando que los morrillos quedasen perfectamente rodeados y ahogados en la masa de la mezcla. Sobre la superficie resultante se volvía á colocar otra tanda de morrillos, y así sucesivamente hasta terminar.

Los estribos se construyeron el 17 de Octubre de 1904, los arcos el 4 de Noviembre siguiente y el resto de la obra el día 7 del mismo mes. La cimbra se excavó el 18 de Enero de 1905.

Las pruebas se hicieron el 24 siguiente.

Se cargaron los arcos con sacos de arena y gravilla hasta llegar al peso de 1.000 kilogramos por metro cuadrado, sin observarse el menor movimiento, sin producirse grieta alguna y sin que la clave bajara sensiblemente.

Se continuó la carga hasta llegar á la elevada cifra de 3.000 kilogramos por metro cuadrado con más sacos y barras de hierro, observándose un descenso en la clave del arco núm. 1 de 1 milímetro, descenso que aumentó, bajo la acción permanente de la carga, hasta 4 milímetros, límite en que se mantuvo durante los cuatro días en que se dejó actuar dicha carga.

En el arco no se produjo grieta alguna, pero sí una pequeña en el hormigón de relleno de los tímpanos que era de menos fuerza

Quitada la carga el arco reobró, y, obedeciendo á la elasticidad de la fábrica no alterada, volvió á su primitiva posición, no observándose flecha permanente.

En el arco núm. 2 se observan idénticos efectos.

El cuadro adjunto contiene en detalle las presiones resultantes bajo la acción de las cargas.

El precio á que puede construirse el metro cúbico de mampostería de morrillo, suponiendo un transporte de 1.500 metros, se deduce del modo siguiente:

	Pesetas.
Adquisición del material necesario para producir un metro cúbico de esta fábrica puesto al pie de obra.....	3,79
Asiento y preparación, incluso mortero	7,39
Resto de obra, enlucido, etc	1,15
Total.....	12,33

Este es el precio que figura en los proyectos de carreteras que parte de esta ciudad, y con arreglo á ellos, y aun con alguna economía por las bajas de subasta, se han hecho muchas obras de fábrica.

En las construcciones urbanas, paredes, cercas, etc., el precio oscila entre 9 y 12 pesetas, según el mayor ó menor esmero de la fábrica, grueso de los muros, etc. El material se encuentra muy próximo, porque León está en la confluencia de los ríos Bernesga y Torio.

En el trozo primero de la carretera del puente de Villarente á Almanza se ha empleado la fábrica de hormigón hidráulico con cantos rodados incrustados en la masa en los cimientos y paredillas, estribos, muros, etc., de las obras de fábrica.

Esta fábrica, que podemos llamar hormigón mixto, se forma para los cimientos de 150 kilogramos de cemento de Zumaya, 333 litros de arena, 660 litros de gravilla y 250 litros de canto rodado. Y para los muros, etc., con las mismas proporciones, pero sustituyendo el cemento Portland al de Zumaya.

Los precios se pueden calcular en la siguiente forma, suponiendo que la arena, la gravilla y el morrillo se encuentren á distancias menores de 300 metros:

Metro cúbico de hormigón mixto con cemento de Zumaya en cimientos.		Pesetas.
Adquisición y transporte al pie de obra de los materiales necesarios para producir un metro cúbico de esta fábrica		10,60
Manipulación, asiento en obra y apisonado.....		6,40
Moldes y andamiajes.....		2
Total.....		19

Metro cúbico de hormigón mixto con cemento de Portland en elevaciones.		Pesetas.
Adquisición y transporte al pie de obra de los materiales necesarios para producir un metro cúbico de esta fábrica		15
Manipulación, asiento en obra y apisonado.....		11,50
Moldes y andamiajes.....		12,50
Total.....		39

Con los mismos precios elementales resulta el metro cúbico de hormigón ordinario con cemento Portland á 46 pesetas. Se ve, pues, la influencia económica de la introducción de los cantos rodados en las fábricas de hormigón.

Hemos terminado esta nota. Creemos de algún interés dar á conocer todo el partido que puede sacarse de un ma-

terial que con tanta abundancia se encuentra en la mayor parte de nuestras provincias y los especiales métodos de ejecución de una fábrica de mampostería de morrillo que desde tiempos muy antiguos viene usándose en León con excelente resultado.

Por eso nos hemos permitido molestar vuestra atención breves momentos.

JUNTAS	SOBRECARGA 400 kgs. por m².		SOBRECARGA 1.000 kgs. por m².		SOBRECARGA 3.000 kgs. por m².		OBSERVACIONES
	PRESIÓN media. — Kilogramos por cm².	PRESIÓN máxima. — Kilogramos por cm².	PRESIÓN media. — Kilogramos por cm².	PRESIÓN máxima. — Kilogramos por cm².	PRESIÓN media. — Kilogramos por cm².	PRESIÓN máxima. — Kilogramos por cm².	
	Arco número 1.						Todos los elementos geométricos y mecánicos necesarios para deducir los números de este cuadro, se han calculado analíticamente.
Clave	5,38	10,76	7,00	14,00	12,45	24,90	
Arranque.....	5,66	11,32	7,31	14,62	12,80	25,60	
	Arco número 2.						
Clave	6,20	14,40	7,96	15,92	13,90	27,80	
Arranque.....	6,44	12,88	8,21	16,42	14,25	28,50	

León 31 de Julio de 1909.

MANUEL DIZ BERCEDÓNIZ,
Ingeniero Jefe de Caminos.

BASAS DE HORMIGÓN PARA COLUMNAS

Muchas veces las columnas metálicas se apoyan directamente sobre macizos de hormigón, cuya sección tiene una superficie que, por regla general, es doble de la correspondiente á la de aquéllas. Según la forma y disposición de la base de la columna y la manera como se haga el enlace de ésta con la basa de hormigón, sucederá que la presión se repartirá uniformemente, se acumulará en el centro ó en los bordes. En vista de la escasez de datos experimentales sobre la resistencia de las basas de hormigón, según la relación entre la sección de éstas y la de las columnas metálicas, Mr. Edgar Marburg, Secretario de la Asociación Americana para Ensayos de materiales, redactó un programa de ensayos de basas de hormigón, el cual se realizó en el laboratorio de la Sección de ingeniería de la Universidad de Pennsylvania.

Los ensayos se hicieron con 48 prismas de sección cuadrada de 305 milímetros de lado, formando cuatro grupos con alturas de 305, 458, 610 y 762 milímetros para estudiar la influencia de este elemento en los resultados, que fué nula, según se había previsto. Cada grupo se subdividió en otros cuatro, correspondientes á las cuatro formas de aplicación de cargas representadas en la figura 1.ª para la cara superior, puesto que la inferior se apoyaba siempre en toda su superficie. Todos los prismas se ensayaron á los veintiocho días.

Materiales.—Para la confección del hormigón se empleó el cemento Portland «Giant», arena de Jersey y piedra partida de 38 milímetros en la dosis de $1 \times 2 \times 4$, medida en volumen sin comprimir.

El peso de agua para el amasado era el de 21 por 100 de los de cemento y arena, con el cual se obtenía una resistencia intermedia entre la seca y la plástica.

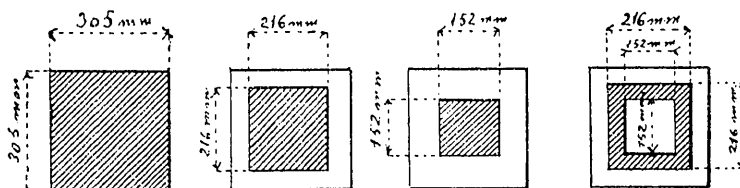


Fig. 1.

Amasado y moldeo.—El hormigón se amasó en ocho artesas de capacidad suficiente para seis prismas, tres cubos de 15 centímetros de arista y seis cilindros de 20 centímetros de diámetro y 40 de altura. La colocación del hormigón en los moldes de madera se hacía por capas de 7,5 centímetros de espesor, comprimidas con un pisón de madera de base cuadrada, cuyo lado tenía 3,5 centímetros, y que pesaba 2,2 kilogramos, que hacía fluir el agua con mucha facilidad. A los tres días se desmoldaba y se colocaban los prismas entre