

balses partiendo de otras consideraciones. He aquí algunos ejemplos:

Si la utilización del agua del pantano se halla asegurada todos los años, aun cuando el volumen embalsable sea muy variable de uno á otro, podría ser conveniente fijar el del vaso teniendo en cuenta consideraciones de orden económico más bien que las que se refieren á los recursos hidrológicos de las cuencas. Así no es raro en España encontrar zonas extensas que sólo tienen riego muy eventual en el verano y aun en primavera, pero que en años abundantes se utilizan las aguas en los cultivos de dichas estaciones; en estos casos, si el coste no es excesivo en relación á los resultados que puedan obtenerse, podrá convenir dar á los embalses una capacidad relativamente muy grande á fin de que haya la seguridad de que, aun en los años más lluviosos, no se perderá cantidad alguna de agua porque luego tendrá útil aplicación en los riegos primaverales y de verano. La capacidad del embalse no se fija entonces en vista del mínimo de agua que la cuenca proporciona en los años más secos, sino, por el contrario, en virtud del caudal de la corriente en los años lluviosos. Á este criterio, sin duda, obedece el proyecto de recrecimiento de la antigua presa de Tibi, pues el pantano, por mucha que sea el agua que pueda almacenar en los años abundantes, es seguro que tendrá ventajoso empleo en la extensa huerta de Alicante, donde todos los veranos se paga á muy elevados precios.

Hay casos en que son tales la configuración del vaso y de la garganta en que ha de establecerse la presa, que cabe, con un pequeño exceso de coste, aumentar la capacidad del pantano excediendo las necesidades estrictas que el cálculo pueda indicar; si son de esperar aumentos considerables en el consumo ó de temer aterramientos de importancia, podrá ocurrir que haya ventaja en aceptar desde luego para la capacidad un volumen superior á lo preciso, en vez de recurrir posteriormente á ampliaciones costosas ó de sujetarse á realizar la explotación del pantano en condiciones aleatorias para evi ar aterramientos y de verificar trabajos para su limpieza.

Todo parece indicar que, merced á la patriótica iniciativa que á favor de los riegos tuvo el Cuerpo de Ingenieros de Caminos después del desastre militar de 1898, España seguirá el fecundo movimiento que se ha operado en el mundo entero en los últimos tiempos, desenvolviendo de tal suerte por modo considerable la riqueza agrícola, que no se agota, cual ocurre con la minera, y no provoca, como la industrial, esas tremendas crisis que conmueven á las naciones, dando, por el contrario, cada vez mayor valor al terreno y permitiendo el aumento en el número y bienestar de sus moradores. Y nuestra patria, que fué maestra en riegos en el continente europeo y llevó sus enseñanzas al americano, si los estadistas perseveran en esta salvadora orientación, podrá afrontar la comparación con los ejemplos antiguos de China, Egipto é Italia, con los más modernos de la India, Egipto, Turkestan, Argentina y Estados Unidos, y con los que no tardarán en ofrecernos estos mismos Estados, Austria, Sudán, la Caldea y el África Austral. Para ello preciso será aumentar con el establecimiento de pantanos los caudales disponibles en verano en los regadíos existentes, pues no puede desconocerse que el proceso generalmente seguido en nuestro país, impuesto por la Naturaleza misma para la implantación de los antiguos riegos, que es el que también convendría adoptar para establecerlos ahora en las comarcas donde aún no existen, ha conducido al riego estacional para asegurar los cultivos de invierno y primavera, originándose la escasez de agua cuando en una etapa posterior se han intentado los cultivos de verano y otoño.

Así, pues, será posible al principio, en muchos de los nuevos regadíos prescindir de los pantanos, teniendo en cuenta que los riegos en las comarcas en que son desconocidos se han de propagar lentamente aun cuando se limiten á los cultivos de invierno y primavera; pero esta situación habrá de ser poco duradera porque, en general, el caudal de las corrientes españolas se encuentra ya comprometido y, efecto de la situación de la penín-

sula y de las condiciones de nuestro sistema orográfico, estamos condenados á un régimen pluviométrico tan pobre é irregular que constituye á la mayor parte de nuestros cursos de agua en verdaderos torrentes, con escasas pero violentas y breves avenidas, transcurridas las cuales suelen quedar en seco ó con caudales miserables. Será, por tanto, también indispensable recurrir á los pantanos con capacidad debidamente calculada para hacer posible la extensión del riego á nuevas comarcas, hoy en buena parte poco menos pobres y despobladas que las áridas estepas occidentales de Norte América próximas á ser fertilizadas en extensiones considerables merced á las iniciativas y á las obras emprendidas por el Gobierno federal, secundadas por la incansable actividad del pueblo yanqui que fía, con harta razón, en la eficacia y virtud del trabajo para alcanzar el bienestar y los más altos destinos del país.

Lo expuesto será, sin duda, suficiente para que se aprecien ventajas de claridad y exactitud en el método gráfico para el cálculo de los embalses, acerca del cual he juzgado que podía ser beneficioso llamar la atención de los ilustrados compañeros que en estas cuestiones han de intervenir.

JOSÉ NICOLAU.

SIFÓN DE HORMIGÓN ARMADO SÔBRE EL RÍO SOSA Y BARRANCO DE RIBABONA EN EL CANAL DE ARAGÓN Y CATALUÑA

VI

Para que la pieza especial de junta que enlazaba las camisas de palastro, y á que se hace referencia en el artículo anterior, publicado en la REVISTA del 7 de Junio pasado; pudiera abrirse ó cerrarse con toda libertad, era preciso aplicar también la mezcla de alquitrán y asfalto á la parte interior de ella, rellenando el semicírculo que formaba. Una vez hecha esta operación se podía construir la

Camisa interior.—Esta camisa consiste en un enlucido de 22 mm. de espesor, pegado á la camisa de palastro y armado con directrices y generatrices de 4 mm. de diámetro: las directrices están colocadas á 10 centímetros de separación y las generatrices á 0^m,15. Su objeto es impedir la oxidación de la chapa de palastro, que de este modo no está en contacto directo con el agua; la chapa viene á quedar, como los hierros en T, dentro del hormigón y puede considerarse como parte de la armadura de un tubo corriente tipo Monier; la conocida experiencia de Grenoble y otras posteriores, enseñan que las armaduras de estos tubos no se oxidan aunque se hayan mojado á consecuencia de las filtraciones de aquéllos, como si el hormigón que envuelve el hierro impidiese ó neutralizase los efectos del oxígeno que lleva el agua en disolución.

La malla de 4 mm. que lleva esta camisa no tiene otro objeto que facilitar la aplicación del mortero y ponerle en condiciones de sufrir alargamientos ó acortamientos de importancia sin que se agriete, como ha dado á conocer Mr. Considère en sus experiencias.

La ejecución de esta camisa fué, después de la regularización y alineación de las camisas de palastro por medio de los mandriles, mi mayor preocupación durante toda la obra. Había dos importantes problemas que resolver: la colocación de la armadura y la ejecución del enlucido que la envolvía; y una incógnita que sólo la experiencia podía despejar y era saber si dicho enlucido armado quedaría perfectamente pegado á la camisa lisa de palastro ó se despegaría de ella.

Siendo tan delgado el hierro de la armadura era de esperar

que no pudiera ésta hacerse *sur place*; se intentó, sin embargo, hacerla así, porque muchas veces la experiencia da al traste con las previsiones mejor fundadas. El intento no dió resultado favorable y decidí tejer la armadura fuera de los tubos, en talleres al aire libre, formando lienzo de 6^m,20 de longitud por 1^m,60 ó 2^m,00 de anchura. Estos lienzo, aplicados á la camisa de palastro con la menor dimensión en sentido del eje del tubo, se adaptaban perfectamente á la superficie de aquélla.

La malla metálica formando recuadros de 0^m,10 X 0^m,15 se hacía en bastidores que consistían (fig. 58) en dos montantes *P*, *P*

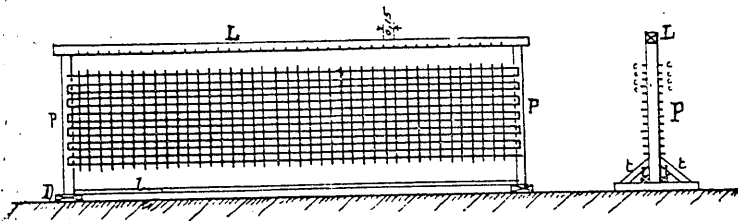


Fig. 58.

apoyados sobre durmientes *D* y sostenidos por tornapuntas *t*; estaban enlazados en la parte superior por un largero *L* y en la inferior por otras piezas *l*. En los costados de los montantes *P* había unas cabillas *c*, *c*, *c*,... á distancias tales, que haciendo pasar por ellas el hierro de 4 mm., (que estaba en rollos) en la forma que indica la figura, resultaban los lados horizontales á 0^m,10 de separación. En el largero *L* había señales á 0^m,15 una de otra que indicaban los sitios en que debían colocarse las generatrices; éstas se cortaban á la longitud debida y se metían al tresbolillo con relación á los hierros horizontales ó directrices. En cada bastidor se hacían simultáneamente dos lienzo. Una vez hechas las ataduras en los cruces de las barras, se sacaba el lienzo del bastidor, se arrollaba y se transportaba al sitio de empleo.

Cada lienzo cubría algo más de un semicírculo y dos lienzo rodeaban todo el tubo en 1^m,60 ó 2^m,00 de su longitud; se colocaba un lienzo en el semicírculo inferior y otro en el superior, atando en los extremos del diámetro horizontal las directrices de ambos lienzo; las generatrices de dos lienzo contiguos también se ataban, aunque no todas.

El lienzo inferior se conservaba perfectamente aplicado á la camisa de palastro mas no así el superior, que, aun teniendo fijos sus extremos á la altura del diámetro horizontal, se desprendía del techo del tubo y caía á la parte inferior. Para sujetarle en su debida posición hasta que se aplicase el mortero y fraguase éste, se le fijaba con puntas de alambre ó con puntas pequeñas de París que se clavaban entre las chapas de la camisa de palastro, en las costuras de ésta.

Pero este procedimiento tenía el inconveniente de que al clavar los clavos en las costuras se abrían éstas, facilitando la salida del agua por filtración, y para evitarlo se ensayó un procedimiento que dió excelente resultado. Consiste en aplicar á la camisa de palastro cerca de los riñones (fig. 60) unas pelladas *m* de cemento rápido formando dos fajas longitudinales, paralelas al tubo, de 0^m,30 ó 0^m,40 de anchura y 10 ó 15 milímetros de grueso.

El mortero que había de envolver esta armadura debía formarse mezclando 1 m³ de arena con 600 kilogramos de cemento Vicat, igual al empleado para moldear los tubos. Pero aun no siendo muy lento este Portland no se adhería á la parte superior de la camisa de palastro, á pesar de embadurnarla previamente con lechada de cemento, y si alguna vez parecía pegarse á ella, caía pronto del techo en virtud de su propio peso, arrastrando á veces la armadura.

Si el cemento fuese más rápido se sostendría el enlucido pegado á la camisa de palastro, porque creciendo con más rapidez las fuerzas de cohesión de la materia, estaban sometidas durante menos tiempo al esfuerzo del peso propio. Esto sucedía

con las fajas que se aplicaban á la camisa de palastro, cerca de los riñones, para sostener la armadura superior.

Pero no queriendo emplear mortero de cemento rápido por ser muy inferior al de Portland lento artificial, decidí acelerar el fraguado del mortero de Portland (sin gran menoscabo de su resistencia) mezclando las dos clases de cemento. Aunque es una herejía teórica mezclar cemento rápido y lento para obtener un mortero, entra este hecho en la categoría de los que no han sido aún bien estudiados por la teoría y no puede ser vituperado con fundamento.

En la práctica se emplean estas mezclas muchas veces, y el excelente resultado obtenido en el caso á que me refiero, viene en comprobación de que la mezcla de cementos de tan heterogéneas condiciones, con fines determinados, resuelve cumplidamente problemas que, atendiendo á consideraciones teóricas, no sería siquiera lícito plantear.

En la mitad superior de la camisa armada el mortero se componía de 400 kilogramos de cemento rápido por 200 kilogramos de Portland y 1 m³ de arena. En la mitad inferior no era preciso emplear cemento rápido para que el mortero se adhiera á la chapa metálica; pero era necesario que la mezcla no tardase mucho en fraguar, y con este objeto se formaba con 200 kilogramos de cemento rápido, 400 kilogramos de Portland y 1 m³ de arena.

Con estas mezclas se hacía un recargo general de mortero, con un espesor de 18 ó 20 milímetros, cubriendo la armadura; una vez casi fraguado este mortero se le aplicaba un enlucido fino de cemento Vicat puro de 2 ó 4 milímetros de grueso, que agarraba perfectamente, por aplicarse ya á una superficie no metálica.

La marcha seguida en la ejecución era la siguiente: primero se colocaba una serie de lienzo de armadura en la mitad inferior del tubo é inmediatamente se aplicaba el mortero correspondiente hasta algo por encima del diámetro horizontal; cuando estaba casi fraguada esta capa se la enlucía con cemento puro, menos la parte inferior, por donde transitaba la gente, que no se enlucía hasta que desaparecía el temor de que se degradase el enlucido por el paso de los operarios.

Una vez dura esta capa se colocaba la armadura de la mitad superior y se ataban las directrices á las de la armadura inferior, que sobresalían del mortero. Para colocar la armadura superior y para las demás operaciones de aquella zona se colocaban los operarios sobre sencillos andamios compuestos con tabloncillos de igual longitud que el diámetro interior del tubo (figura 59) apoyados en su punto medio sobre un largero sostenido por postes ó por un caballete.

La armadura se conservaba provisionalmente aplicada á la

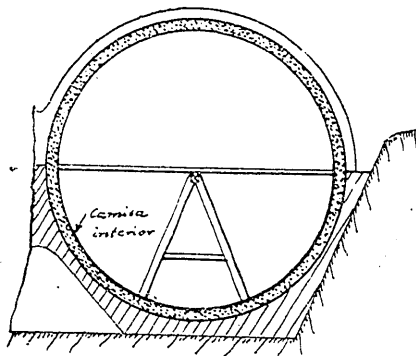


Fig. 59.

camisa de palastro por medio de tres largeros *l* (fig. 60) situados en la clave y cerca de los riñones, sostenidos por maderos *p* apoyados en el andamio. En seguida se enjalbegaba la chapa con mortero de cemento y se construían las pelladas corridas ó maestras *m* de cemento rápido que conservaban la armadura pegada á la chapa. Al mismo tiempo se recargaban con mortero los costados hasta cerca de los riñones.

Fraguadas las pelladas que sostenían la armadura, se quitaban los apoyos provisionales *l*, *p* y se recargaba de mortero la parte que faltaba de la camisa de palastro, que era la parte alta del techo y la más difícil de ejecutar. Empleando el mortero en

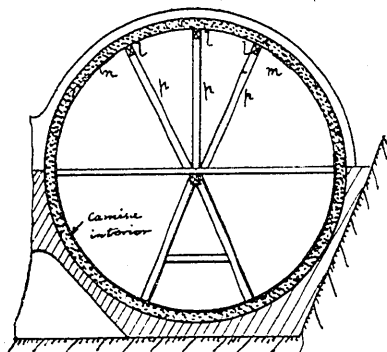


Fig. 60.

las proporciones que ya he indicado no se desprendía de la chapa y fraguaba con bastante rapidez.

Cuando el recargo de mortero en la parte superior estaba fraguado se le aplicaba un enlucido de cemento puro de igual espesor que en el resto.

Las brigadas que ejecutaban la camisa interior se dividían en secciones, cada una de las cuales ejecutaba siempre el mismo trabajo. Una vez éste en pleno y regular desarrollo, las secciones estaban trabajando simultáneamente así: Una sección colocaba las armaduras de la parte inferior, atando las generatrices de unos lienzos a las de los otros; esta sección avanzaba con rapidez y siempre estaba bastante separada de las otras.

Otra sección aplicaba el recargo de mortero al semicírculo inferior y otra de albañiles, ó *paletas*, como allí se llaman, iba enluciendo el recargo que se había dado anteriormente. Seguía luego una sección mixta de carpinteros y colocadores de armaduras que armaba los andamios y ponía en su sitio las mallas metálicas de la parte superior, sujetándolas con los largueros *l* y maderos *p* y atando las directrices a las de la armadura inferior.

A esta última sección seguía otra de albañiles que tiraba las maestras *m* para sostener la armadura y recargaba los arranques de la bóveda hasta cerca de los riñones, esto es, las partes en que el mortero ni tenía tendencia a caerse ni a desprender la armadura de la chapa de palastro. Luego volvían los carpinteros a quitar los apoyos *l* y *p*, y otra cuadrilla de albañiles recargaba de mortero el techo del tubo y enlucía desde los arranques a los riñones; terminado este enlucido, ya estaba bastante duro el recargo anterior y se enlucía también la parte alta de la bóveda.

Todos estos trabajos había que hacerlos con luz artificial, porque en cuanto se colocaban las piezas acanaladas de junta, ya faltaba la poca luz que entraba por el espacio de 5 centímetros que había entre las camisas de palastro. Una vez terminadas las juntas, la oscuridad era completa dentro de los tubos y para alumbrar a las diferentes secciones de obreros que allí trabajaban se colocaron de trecho en trecho grandes lámparas de acetileno, a cuyo exclusivo cuidado había en cada brigada un operario.

Aunque los boquetes del Sosa y Ribabona dividían la longitud total en tres partes casi iguales, de unos 340 metros de longitud cada una, las dificultades de ejecución eran comparables al caso en que no hubiera dichos boquetes y se trabajase en un túnel de más de un kilómetro de longitud.

La camisa interior del tubo I se hizo colocando una brigada en el tubo 1, que avanzaba hasta la ventosa del Sosa. Ya entonces había más personal disponible, adiestrado en este trabajo, y se formaron otras brigadas para las pendientes piezométricas y la de salida. Se hizo luego la camisa interior desde el boquete

de Ribabona a la salida del sifón, y poco después se procedió a ejecutar con otras dos cuadrillas la camisa en las partes correspondientes a las pendientes piezométricas.

En la tubería II se hizo primero la camisa interior de la pendiente piezométrica del Sosa y después la de la otra pendiente piezométrica; seguidamente se hizo la camisa de la pendiente de entrada hasta el boquete del Sosa y al mismo tiempo la de la pendiente de salida hasta el boquete de Ribabona.

La colocación de las brigadas no era arbitraria, pues había que compaginar la ejecución, en condiciones de tener que pasar lo menos posible por encima de la parte recientemente terminada, con el transporte más conveniente de los materiales. A este efecto, podía considerarse dividida cada tubería en seis zonas, tres en la rama del Sosa y otras tres en la del Ribabona. Estas zonas están claramente indicadas por el perfil longitudinal, y son las siguientes. En el Sosa: desde la entrada hasta las ventosas (tubos 24); desde éstas hasta el boquete, que corresponde al tubo 54; y desde este boquete hasta los tubos piezométricos. En el Ribabona: desde los tubos piezométricos a las ventosas (tubos 107); desde éstas hasta el boquete, que corresponde al tubo 121 en la tubería I, y al 119' en la II; y desde estos boquetes a la salida del sifón.

En cada una de estas zonas convenía empezar la camisa interior por su punto medio, caminando hacia los extremos de la zona, por los cuales se hacía el servicio de materiales. Así es que para ejecutar la camisa interior entre los tubos piezométricos y las ventosas de Ribabona, por ejemplo, se ponían dos brigadas: una en el tubo 93, que avanzaba hasta la ventosa, recibiendo por ésta los materiales que necesitaba, y otra en el tubo 97, que retrocedía hasta el tubo piezométrico y recibía por él los materiales.

En la zona correspondiente a la salida del sifón se empezó la camisa interior por los tubos 139 y 140 con dos brigadas que caminaban hacia el boquete de Ribabona y hacia la cabeza de salida del sifón respectivamente recibiendo los materiales necesarios por dicho boquete y por la cabeza de salida. En las demás zonas, el procedimiento era análogo al que acabo de explicar.

El servicio de materiales era costosísimo, porque dentro de los tubos había que hacer todos los transportes a brazo; aunque parece a primera vista que, dadas las dimensiones de los tubos, cabían perfectamente dentro de ellos vagonetas con material y debían haberse establecido, hay que tener presente que la mayor parte del trazado estaba en rampas del 5 al 15 por 100 de inclinación y se comprende la temeridad de tal intento.

Aun en las zonas de pequeña inclinación (1 ó 2 por 1.000, sobre el puente del Sosa y en cierta parte de Ribabona), era imposible establecer trenes de material, no sólo porque la cantidad de este, correspondiente a dichas zonas, era pequeña y no exigía el empleo de dichos trenes, sino porque era imposible tender vía para el servicio de brigadas cuyo avance con las armaduras inferiores debía estar tan separado del sitio en que se necesitaban los materiales; hubiera sido precisa la maniobra de tender la vía, transportar algunos materiales, levantarla luego en parte y volverla a tender para seguir llevando materiales. El transporte con todas estas maniobras habría de ser mucho más caro que a brazo. Éste tenía la ventaja de que se dejaba libre el avance, pues los peones que transportaban los sacos de cemento, los de arena y los cubos de agua, pasaban por encima de las armaduras sin desarreglarlas.

Una gran parte de los materiales tenía que entrar en las tuberías por las ventosas y por los tubos piezométricos; en estos últimos, que eran de 2^m,50 de diámetro, resultaba relativamente cómoda la maniobra; pero en las ventosas, que no tenían sino 0^m,60 de diámetro, era incómodo y molesto el servicio de materiales. Éstos descendían al fondo de los tubos por tablones colocados a modo de planos inclinados, y los sacos que había que retirar para llevarlos de nuevo llenos de arena salían por los mismos agujeros de ventosas y piezométricos, resultando así cada uno de éstos un centro de actividad, una enorme boca a

cuyo alrededor se movían numerosos obreros que la alimentaban sin cesar, y en cuyo interior otros numerosísimos obreros empleaban los materiales que por ella entraban aplicándolos á las paredes de los tubos. Los hierros de las armadura entraban arrollados en forma de cilindros de pequeño diámetro, lo cual facilitaba luego su colocación.

Á pesar de la organización dada al trabajo, y de la racional subdivisión que se había hecho de él, no era posible que cada brigada pudiera trabajar de una manera continua, pues eran indispensables paradas periódicas en espera de terminar operaciones auxiliares. Por este principal motivo no se trabajaba por las noches, aunque dentro de los tubos era indiferente que fuese noche ó día. Las noches se aprovechaban para preparar andamios y armaduras, con objeto de que al día siguiente pudiera empezarse el trabajo sin retraso y continuarlo todo el día sin interrupción.

Como dentro de los tubos no había sitio para acopiar materiales, ni convenía hacerlo porque se aumentaban inútilmente las molestias de transportarlos á los puntos de empleo, tampoco se trabajaría de noche en buenas condiciones, pues no hay que pensar en que á tales horas pudiera hacerse regularmente el suministro de materiales, cosa ya bastante dificultosa de día.

Durante la ejecución de la camisa interior circulaban por los tubos muchas personas, y esto permitió multiplicar las observaciones sobre los puntos en que la camisa de palastro podría estar despegada del hormigón exterior. Con el sonido especial que producían los pasos sobre la camisa de palastro, formaba contraste el sonido que se producía al pisar en sitios donde se creía que la chapa estaba despegada del hormigón; en dichos sitios se agujereaba la camisa de palastro para comprobar si realmente estaba despegada; pero en muy pocos sitios se pudo comprobar esto, siendo casi siempre engañosa la indicación que daba el diferente sonido de los pasos y golpes en aquellas partes.

En algunos sitios solamente estaba despegada la chapa; sucedía esto en los tubos que no se habían moldeado con hormigón muy fluido, en los que correspondían á las camas incompletas que había en los cambios del Sosa y Ribabona, los cuales, como ya he dicho, se moldeaban con hormigón apisonado, no muy fluido en su parte inferior, con objeto de que los tubos se apoyasen sobre dicha parte y poder quitar los tacos de madera colocados provisionalmente. Como el apisonado de dichas partes no se podía hacer en buenas condiciones, en parte de ellas es donde el hormigón quedó separado de la camisa de palastro.

Pues en estos sitios en que había bolsadas entre la chapa y el hormigón exterior, se abrían dos agujeros, uno que servía para comprobar este hecho en cada bolsada y verter el cemento para rellenarla, y otro pequeño por el cual había de salir el aire al rellenar de cemento dicho espacio. El cemento se empleaba en forma de lechada bastante espesa. Una vez hecho este relleno de cemento se podía ejecutar la camisa interior.

La ejecución de esta camisa la comencé inoportunamente por incesantes é injustificados apremios de la Dirección del Canal. No debía haberla empezado hasta que las juntas estuviesen terminadas y perfectamente endurecidas, y la hube de empezar cuando apenas se había dado comienzo á las juntas; así es que cuando se aplicó á éstas la substancia elástica caliente y se hizo el hormigonado de ellas, ya estaba bastante adelantada la camisa interior.

Esta camisa se agrietó en las juntas al aplicar en caliente la substancia elástica, y cuando por aplicar ésta menos caliente no se produjo la grieta, se presentó al fraguar el hormigón de la junta, que, al contraerse, apretó los extremos de los tubos. Hubo que rehacer la camisa interior en todas aquellas juntas donde se había agrietado, y para evitar en lo sucesivo la repetición de este hecho, se disminuyó grandemente el avance de la camisa interior, que no se hacía hasta que las juntas estaban terminadas.

He expuesto el método definitivo que se empleaba para ejecutar la camisa interior, haciendo gracia al lector de los nume-

rosos tanteos hechos hasta llegar á él. Solamente citaré el procedimiento que se ensayó antes de haber llegado á la obra el cemento rápido que encargué en cuanto me convencí de la imposibilidad de emplear solamente portland lento. Consistía en aplicar el mortero á la parte superior, sosteniéndole hasta su fraguado, por medio de una cimbra; pero al descimbrar el primer trozo, que se había hecho muy lenta y trabajosamente, con grandes cuidados, se vino abajo el mortero con la cimbra, quedando así probado de una manera concluyente que no era posible ejecutar dicha camisa interior con cemento lento solamente.

MARIANO LUÑA.

Junio, 1906.

NUEVA FORMULA PARA DETERMINAR EL ESPESOR EN LA CLAVE DE LAS BOVEDAS

DE MAMPOSTERIA

M. Davidesco, Director de trabajos en la villa de Bucarest, publica en los «Anales des Ponts et Chaussées» del último trimestre, un examen critico de las fórmulas de uso corriente para la determinación del espesor en la clave de las bóvedas de mampostería, estableciendo como resultado de su estudio una nueva fórmula á su juicio más racional. En efecto; según el autor, las fórmulas propuestas por los diferentes autores y constructores antiguos, no cuadran por su imperfección y su estructura con el estado actual de la ciencia, la cual, gracias á las determinaciones elásticas y especialmente á los trabajos de Castigliano, Kulmann y Winkler ha llegado á un grado de gran perfección en lo que se refiere al problema de la estabilidad de las bóvedas. Á pesar de esto, las fórmulas para el espesor en la clave siguen las mismas; nada se ha llevado á ellas de aquellos perfeccionamientos, ni para modificarlas, ni para establecer otras nuevas.

La cuestión es indudablemente interesante, no sólo por la utilidad práctica que una buena fórmula proporciona en las aplicaciones, sino también por la noción más verdadera que da á los Ingenieros sobre la variación del volumen de la bóveda cuando varía la luz.

Las fórmulas de uso corriente son, como ya saben nuestros lectores, las de Peironet, Lesguiller, Leveillé, Dupuit, Rankina, Croizette-Desnoyers y otros, cuya representación gráfica es ó una línea recta ó una parábola; y en este último caso las parábolas representativas dirigen todas su concavidad hacia el eje de las x positivas.

Dichas fórmulas son en verdad poco rigurosas: en ellas no intervienen para nada ni la densidad de los materiales, ni la sollicitación admitida, ni los datos particulares de cada caso; no son en realidad una expresión racional del espesor de la clave en función de los factores esenciales que intervienen en el equilibrio de la bóveda.

Los resultados obtenidos con ellas son extraordinariamente discordantes sobre todo para las grandes luces y finalmente la curvatura general de su línea representativa, es según M. Davidesco completamente falsa. Según él, la verdadera curva representativa de los espesores de la clave es de forma *hiperbólica*, dirigiendo su concavidad hacia el eje de las y positivas.

Para establecer la nueva fórmula, considera desde luego la hipótesis de que las curvas de intradós y trasdós sean parábolas, é indica después cómo debe transformarse para aplicarla á otras formas de bóvedas, tales como el arco de círculo, arco carpanel, elipse, etc.

Llamando:

l , la luz del puente;

e , el espesor en la clave;

h , la altura de la carga ó terraplén sobre las bóvedas en la clave;