

horas que se señalan de las deformaciones laterales de otros tramos de 66 m. de luz teórica, en días distintos a aquellos en que se hicieron las otras observaciones, apareciendo igualmente de líneas llenas las deformaciones calculadas y con trazos, las medidas; aquéllas, determinadas con las fórmulas que a continuación se detallan, apareciendo en el primer grupo, o sea el correspondiente al primer día, tres flechas en un sentido y dos en el contrario, según las horas de observación, y en los siguientes cuatro en uno y otra en cada sentido.

Las diferencias entre lo medido y calculado muestra no existe, como es muy difícil ocurra, coincidencia entre ambos valores; pero no son demasiado grandes dichas discordancias, y esto marca la necesidad de aplicar coeficientes de corrección evidentemente derivados de la realidad, comparando así las fórmulas establecidas sobre varios casos demasiado teóricos y empíricos.

Igualmente Patton y Dunajeff han propuesto fórmulas para estas deformaciones laterales, en las cuales las letras que en ellas aparecen tienen los siguientes significados:

l	Luz teórica de las vigas principales.
b	Separación de los ejes de las vigas principales.
t_1 y t_2	Diferencia entre las temperaturas de ambas vigas principales.
d	Longitud del recuadro.
m	Número de recuadros.
$\alpha = 0,0000118$..	Coefficiente de dilatación del material.
Y	Relación entre las deformaciones laterales de las vigas principales en cualquier punto y en el centro de las mismas.
K	Coefficiente de corrección del cálculo para obtener la medida.

Proponen ellos dos fórmulas, que son las siguientes:
La primera, o sea

$$\Delta\delta = K\alpha(t_1 - t_2) \cdot 0,125 \frac{l^3}{b}$$

cuando existen arriostramientos eficaces que solidaricen ambas vigas principales; por el contrario, cuando no existen o son muy débiles, la fórmula que debe aplicarse será

$$\Delta\delta = K\alpha(t_1 - t_2) \left[Y \cdot 0,125 \frac{l^3}{b} - \frac{md^2}{b} \right]$$

Resumen.—Puede comprobarse, después de cuanto se ha indicado, que existen indiscutiblemente deformaciones verticales y laterales que alcanzan verdadera importancia, derivadas de las variaciones de temperatura, y sus valores, bien teóricamente, mediante las fórmulas anotadas, se pueden determinar con suficiente aproximación, o prácticamente; es decir, que en definitiva su cuantía puede determinarse.

Conocida ésta y la disposición de las estructuras se puede hallar su valor con coeficientes aproximados, y valiéndose de los medios corrientes que la mecánica proporciona, los trabajos suplementarios que en cada pieza existen por esta causa, los que deben sumarse a los determinados por todos los demás, bien conocidos, pudiéndose así determinar la sección adecuada para cada barra.

D. MENDIZÁBAL

Ingeniero profesor de la E. de C., C. y P.

Saltos del Duero¹

Aprovechamiento de aguas del río Esla

Proyecto e instalación de los grandes medios auxiliares para la construcción del salto del Esla

Entre los trabajos que actualmente tiene en marcha la Empresa Saltos del Duero, S. A., creo que el de instalación de los grandes medios auxiliares que se van a utilizar para la construcción de la presa, central, etc., del aprovechamiento del Esla, es uno de los que puede resultar interesante para los lectores de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

Esta consideración me decide a dedicar algunas cuartillas a la descripción del proyecto que redactamos para la instalación de aquellos elementos de construcción, cuyo funcionamiento comenzará a fines del presente verano.

Me referiré, especialmente, a los medios auxiliares destinados a la obtención, transporte y manipulación de los materiales componentes del hormigón y a la puesta en obra del hormigón mismo.

Los referentes a excavaciones y demás obras son también de importancia, y han sido descritos anteriormente por mi compañero D. Manuel Echánove en

otro artículo de esta REVISTA, que dedicó a dar cuenta de los trabajos que Saltos del Duero realizó el verano de 1929. Por esto, en lo relativo a esos elementos, me limitaré a hacer las referencias suficientes para recordar sus características y su situación en obra, a fin de que así resulte más clara y más completa la visión de conjunto de la instalación total.

Dividiré la exposición en tres apartados: dedicaré el primero al criterio fundamental en que nos hemos inspirado al proyectar el plan de construcción; en el apartado segundo expondré datos relativos a la capacidad de conjunto, o sea al trabajo de que es capaz la instalación, y en el tercero haré una descripción general y esquemática de esta última, sin entrar en detalles respecto a las instalaciones parciales que integran la total, con la sola finalidad de que el lector pueda, rápidamente, formarse idea del trayecto que recorren los materiales desde el punto de su origen hasta su colocación definitiva en obra y de las partes del recorrido donde son objeto de alguna modificación o manipulación característica.

Más adelante, cuando esté terminado el montaje de la instalación y pongamos ésta en marcha, a fines del actual verano, dedicaré otro artículo a la descripción

¹ Véase la REVISTA del 15 de abril último, página 167.

detallada de aquellos elementos parciales que, aisladamente considerados, constituyen por sí solos una unidad de producción o manipulación, expresando sus costos y cuantos datos prácticos considere interesantes entre los que haya podido recoger y estudiar en un cierto período de funcionamiento.

Expuesto así el índice de lo que me propongo exponer, entro en materia.

I

Criterio fundamental del proyecto de instalación de medios auxiliares

Los principios fundamentales en que nos hemos basado y las circunstancias peculiares del caso que hemos tenido en cuenta al estudiar y proyectar el plan de instalación de los grandes medios auxiliares de construcción de las obras del Salto del Esla, son los siguientes:

a) *Conveniencia* de construir rápidamente la obra, a fin de conseguir las ventajas económicas inherentes a todo plazo corto de ejecución, sumadas a los beneficios que origina cuanto sea adelantar la puesta en marcha de las instalaciones, con los consiguientes ingresos por explotación del negocio.

No hay que olvidar que esta Empresa, al terminar las obras de su primer Salto y sus líneas de transporte iniciales, habrá invertido más de 120 millones de pesetas, y que capital tan considerable no debe, en buenos principios, mantenerse improductivo por plazo mayor que el estrictamente indispensable.

b) *Necesidad*, si hemos de atender a aquella conveniencia, de mecanizar todas las labores de construcción, como único medio de garantizar la ejecución de la cantidad de obra a realizar por día útil de trabajo con el mínimo posible de personal, buscando con esto la máxima economía en el costo de las unidades de obra y la rapidez de su ejecución, a la par que la humanización del trabajo del obrero, al sustituir su dura labor material por el manejo inteligente de los medios auxiliares.

c) *Necesidad* de fijar la capacidad de los medios auxiliares con un margen, por exceso, sobre la correspondiente a la labor media diaria fijada como indispensable en relación con el plazo señalado para la ejecución de las obras, margen que permita hacer frente y compensar el sinnúmero de imprevistos inevitables en toda obra de esta importancia, ya procedan de averías en los propios medios auxiliares, con la consiguiente interrupción de labores, ya de accidentes de todo orden, posibles y hasta probables, por bien que se estudien las cosas, ya de sorpresas desagradables en el régimen de avenidas supuestas al río, contra las que debe prevenirse, a pesar de que dicho régimen se ha fijado en vista de los estudios que ininterrumpidamente realizamos desde hace más de doce años.

d) *Necesidad*, a los mismos fines, de contar en obra con lo que pudiéramos llamar *medios complementarios de los grandes medios auxiliares*, o sea con talleres mecánico y de carpintería de verdadera importancia, debidamente equipados y montados, que permitan llevar al día, no sólo las labores de perfecta conservación de la maquinaria que trabaja, sino también las de reparación de averías considerables de la misma, tendiendo con ello a evitar, en lo posible, toda parada de las instalaciones con las consiguientes interrupciones en la labor de construcción, tanto más

graves y económicamente perjudiciales cuanto mayor es la capacidad de los medios auxiliares instalados, y, por consiguiente, el tren de marcha de los trabajos.

e) *Necesidad*, también al mismo fin, de contar en obra con almacenes, silos, etc., que permitan disponer de *stocks* de toda clase de materiales de construcción y de repuesto que constituyan reservas suficientes para evitar que en un plazo prudencial se produzcan interrupciones debidas a suspensiones de suministros, a dificultades de transporte u otras causas equivalentes.

f) *Conveniencia* de evitar, en cuanto dependa de la Empresa, conflictos de carácter social, preocupándose a tal fin de las condiciones de vida y trabajo del obrero, preparando para éste un campamento con viviendas cómodas e higiénicas y con todos los servicios auxiliares de asistencia material y espiritual que hagan llevadera su vida en obra, en términos que permitan esperar la permanencia ininterrumpida del núcleo principal obrero durante todo el plazo de ejecución de los trabajos, con beneficio para éstos, para el personal y para la Empresa.

g) Por último, *posibilidad financiera*, en nuestro caso, de no escatimar, dentro de límites razonables, pero más amplios de los en que generalmente se desarrollan los problemas de construcción, el costo de instalaciones de los grandes medios auxiliares, por darse la circunstancia favorable de que otras cuatro presas de embalse que forman parte del proyecto o plan de conjunto de Saltos del Duero, S. A., reúnen casi exactamente las mismas características que ésta del Esla que tenemos en construcción, lo cual proporciona un margen para amortización de aquel costo que permite invertir en esta primera instalación una suma que resultaría onerosa y tal vez excesiva, si no se diera la circunstancia de referencia y se tratara tan sólo de la construcción de una presa única.

Plantado así el problema y aceptado el criterio que se desprende de las necesidades y conveniencias detalladas en los párrafos anteriores, el proyecto de instalación de medios auxiliares se ha desarrollado en forma tal que creemos basta una simple exposición como la que sigue para que resulte justificado.

II

Capacidad de los medios auxiliares de construcción

El plan de construcción del Salto del Esla se estudió a base de invertir un año en los trabajos de preparación y tres en los de construcción de la presa, aliviadero central y accesorios.

Los de línea de transporte y demás que se simultanean con aquéllos, serán objeto de información posterior.

Los trabajos de preparación de las obras hidráulicas comprendían las de desviación de las aguas del Esla, las del campamento, las de los caminos de acceso y las de recepción y montaje de los grandes medios auxiliares.

Todos estos trabajos comenzaron en junio de 1929, y en la actualidad pueden considerarse totalmente dominados. Mi compañero Sr. Echánove ha descrito, en dos artículos de esta REVISTA¹, la labor desarrollada el verano último, en que quedó terminada la des-

1 Número 2 538 de 1 de diciembre de 1929 y número 2 540 de 1 de enero de 1930.

viación del río mediante dos galerías de 300 y 340 metros de longitud con 20 metros cuadrados de sección cada una, y una presa ataguía de hormigón con altura máxima de 17 metros y longitud de 60 metros en la coronación.

Están actualmente terminados el campamento, los caminos y carretera de acceso, las importantes excavaciones de cimentaciones y obras de fábrica de los medios auxiliares y las líneas telefónicas que unen entre sí los diversos tajos de obra y a ésta con nuestras oficinas de Zamora.

Además, se ha realizado la excavación para el estribo derecho de la presa, y está avanzada la del izquierdo, procediéndose al descombro correspondiente. Actualmente se trabaja en el montaje de la maquinaria y medios auxiliares que son objeto de este artículo.

TRABAJO A REALIZAR.—El ingeniero Sr. Martínez Artola describió, en un número anterior de esta REVISTA ¹, las características de la presa, etc., del Salto del Esla.

Como se deduce de aquéllas, el grueso de la obra a que especialmente dedico este artículo consiste en realizar:

Excavaciones en cimientos y estribos.....	80 000 m ³
Hormigón en presa, central y accesorios.....	400 000 »
Excavaciones en aliviadero.....	250 000 »

Poniendo en relación estas cifras con el número de días hábiles para el trabajo que dedujimos de los datos que acerca del régimen del río se han reunido durante doce años por nuestras estaciones de aforos (descritas también en esta REVISTA por el ingeniero Sr. N^o 2^o); considerando el régimen de temperaturas que aconseja trabajar en la mayor parte del año sólo durante las horas de día y calculando las demás circunstancias del caso, llegamos a la conclusión de que los medios auxiliares necesarios para terminar las obras dentro del plazo que nos habíamos señalado debían ser capaces de confeccionar y colocar en obra un volumen de hormigón de 800 metros cúbicos en jornada de diez horas.

Ahora bien, convenía prever un exceso o margen de capacidad para compensar las mermas de rendimiento que ocasionan los imprevistos de todo género, inevitables en obras de esta importancia. Es ilusorio el creer que una instalación como la de que se trata puede trabajar siempre al máximo, y consideramos que es prudente contar con un rendimiento medio del orden del 50 por 100 del máximo. En Grimsel el rendimiento medio ha resultado hasta ahora del orden del 55 por 100 en los medios de colocación de hormigón en obra.

Por otra parte, el aumento de costo de primera instalación que supone ese exceso de capacidad de los medios, si bien tiene alguna importancia, ni es proporcional a dicho exceso, ni es del orden de los que desequilibran nuestros presupuestos.

Por todo ello se fijó en 1 600 metros cúbicos de hormigón colocado en obra en jornada de diez horas la capacidad de trabajo que habían de tener los cables grúas destinados a esa labor, y a esta cifra se adaptaron las de los demás elementos: cantera, transporte, machaqueo, etc.

¹ Número 2 536 de 15 de noviembre de 1929.

² Número 2 441 de 15 de noviembre de 1925 y 2 442 de 1 de diciembre de 1925.

Los correspondientes silos tienen la capacidad apropiada para servir de volante regulador a las instalaciones parciales, utilizadas para la preparación de áridos, en forma que la producción normal de aquéllas permite trabajar durante determinado tiempo con la capacidad total máxima de los cables grúas.

Para esta adaptación era preciso partir de las siguientes características, fijadas provisionalmente en nuestro proyecto a los componentes áridos del hormigón con el que se va a construir la presa, o sea a la grava, gravilla, arena y cemento. Según aquéllas, las dimensiones límites a comprobar por los resultados del laboratorio de obra deberán ser, a los efectos de fijación de capacidad de las instalaciones:

Grava, comprendida entre . . .	120 mm y 50 mm
Gravilla, comprendida entre..	50 » y 10 »
Arena gruesa (50 por 100, aproximadamente), comprendida entre.	10 » y 3 »
Arena fina (50 por 100, aproximadamente), comprendida entre.	3 » y 0 »

Respecto al cemento, sólo diré aquí que en su composición, finura, etc., deberá cumplir las condiciones impuestas en el pliego correspondiente; y respecto a la cantidad, que la *dosificación media* que resulta de las diversas zonas del macizo de la presa es, aproximadamente, de 200 kg por metro cúbico de hormigón.

El metro cúbico de hormigón, *tipo medio* de los que han de constituir el macizo, estará compuesto, aproximadamente, por mezcla de las siguientes cantidades de materiales:

Grava	0,550 m ³
Gravilla	0,350 »
Arena gruesa.	0,220 »
Arena fina	0,220 »
Cemento.	200 kg
Agua.	140-160 »

y, por consiguiente, para llegar a colocar en obra y en jornada de diez horas el volumen máximo de 1 600 metros cúbicos de hormigón, estimado necesario para garantizar a riesgo de imprevistos una *media* de 800 metros cúbicos de hormigón, será preciso preparar los medios auxiliares parciales con capacidad para producir por hora:

Grava.	88 m ³	41,04 % del total
Gravilla.	56 »	26,12 % »
Arena gruesa . .	35,20 »	16,42 % »
» fina.	35,20 »	16,42 % »
	214,40 m ³	100 % »
Cemento.	3 200 kg	
Agua.	2 400 »	

El cemento puede llevar una marcha de fabricación continuada referida a veinte horas de trabajo, merced a la capacidad de silos prevista, y, por tanto, resulta más que suficiente la capacidad de silos adoptada de 10 toneladas por hora.

Adelantando detalles, diré aquí, para la más fácil inteligencia de cuanto voy exponiendo, que el cemento proviene de la *molienda* hecha en obra, del *clinker* que se nos suministrará directamente; y por ello, al hablar de medios auxiliares, me ocupo también de su preparación. El agua procede del Esla, que se extrae por su correspondiente instalación de bombas elevadoras.

José ORBEGOZO,
Ingeniero de Caminos