

COMITÉ NACIONAL ESPAÑOL DE GRANDES PRESAS

DIMENSIONAMIENTO DE LAS INSTALACIONES DE FABRICACIÓN Y PUESTA EN OBRA DEL HORMIGÓN DE LA PRESA DE IBIUR

Imanol Pildain Sainz¹

Joaquín Díez-Cascón Sagrado²

Julio Martín Vázquez³

Jorge J. Abad Mateo⁴

Víctor Flórez Casillas⁵

José Arévalo Cuadros⁶

RESUMEN: La Presa de Ibiur, situada en Baliarrain, provincia de Guipúzcoa, es una presa de gravedad de planta recta ejecutada en hormigón vibrado. Tiene una altura sobre el cauce de 63 metros y 69 sobre cimientos. La longitud en coronación es de 232 metros para un embalse de 7,53 hm³. El objeto de esta ponencia es la presentación de los medios empleados en la ejecución de la presa y el dimensionamiento de los mismos ya que, aunque se trata de una tipología clásica con medios de puesta en obra también clásicos, ofrece sus propias peculiaridades.

¹ Director de Obra de la Presa de Ibiur, C. Hidrográfica del Norte

² Asesor Técnico de la Presa. Universidad de Cantabria

³ Jefe de Obra de la Presa de Ibiur, FCC Construcción

⁴ Jefe de Maquinaria de la Presa de Ibiur. FCC Construcción

⁵ Director Dep. Obras Hidráulicas. Servicios Técnicos FCC Construcción

⁶ Director Dep. Maquinaria Obras Hidráulicas y Marítimas. Servicios Técnicos FCC Construcción

1. DIMENSIONAMIENTO DE LAS INSTALACIONES

El dimensionamiento de las instalaciones precisas para la ejecución de una presa es una actividad fundamental, puesto que un error puede penalizar la ejecución de la obra, afectando, incluso, a la calidad. Por ello, se debe realizar un estudio exhaustivo para poder acometer la obra con garantías.

En dicho dimensionamiento se deben conjugar todas las variables posibles: terreno, orografía, geometría de la presa, ubicación de instalaciones, hormigón a fabricar, su puesta en obra, plazo de ejecución, accesos, instalaciones auxiliares y personal.

1.1. DATOS BASICOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO

Las presas de hormigón vibrado convencionales, para evitar los problemas de retracción de grandes masas, se dividen en bloques de hormigonado verticales de, generalmente, 15 a 20 metros de anchura. Para la ejecución de estos bloques y con objeto de optimizar la puesta en obra, se subdivide la altura total en tongadas horizontales de 2 metros de altura.



Ilustración 1: Bloques de la presa de Ibiur

Se determina, de esta forma, el volumen de la tongada máxima que es uno de los datos básicos para poder decidir adecuadamente la producción que deben asegurar las instalaciones y equipos auxiliares.

A su vez cada tongada se ejecuta en capas menores o subtongadas de un espesor tal que se pueda garantizar un buen vibrado de toda la masa de hormigón y una conexión correcta entre las distintas capas.

Otro dato básico para el dimensionamiento es, por tanto, el tiempo de cubrición entre subtongadas, para poder garantizar el buen acabado de una

tongada. En el caso de Ibiur, este tiempo máximo fueron tres horas, tiempo obtenido a través de los ensayos realizados sobre el fraguado del hormigón.

Con estos datos, tongada máxima y tiempo de cubrición, se obtiene el rendimiento de hormigonado mínimo que se debe garantizar en instalaciones y equipos.

1.2. APLICACIÓN A LA PRESA DE IBIUR

En Ibiur, la tongada máxima tenía un volumen en torno a los 1.500 m³ de hormigón. Así, se debía asegurar que todas las instalaciones y equipos de fabricación y puesta en obra del hormigón eran capaces de colocar, como mínimo, 375 m³ de hormigón en cada subtongada en un tiempo máximo de 3 horas.

La capacidad de fabricación de hormigón se garantizó con la instalación en la obra de una planta de hormigón de 200 m³/h en amasadas de 4,5 m³. Este volumen por amasada se mantuvo para el resto de elementos, tema muy importante para poder mantener una buena cadencia en el trabajo, ya que, de lo contrario, se generan desequilibrios y esperas innecesarias en el ciclo de fabricación y puesta en obra del hormigón que afectarían a la producción.



Ilustración 2: Instalaciones de fabricación del hormigón de la presa de Ibiur

Se debía contar también con unos acopios de materiales (cemento y áridos) que permitiesen una autonomía del exterior lo más dilatada posible. Para ello, se decidió contar con dos silos horizontales de cemento, para poder superar las 700 toneladas de cemento en la obra, garantizando más de dos días sin suministro para las tongadas de mayor volumen de la presa y 7 días para la tongada media.

El acopio de áridos se dimensionó para contar con idéntica autonomía que para el cemento, contando con la posibilidad de estar dos días sin entrada de material.

Para el suministro de agua, se instaló un depósito de 600 m³ de capacidad en la zona más alta de la obra, con lo cual se podría repartir por gravedad a todos los puntos precisos (no sólo a la planta de hormigón). Esta capacidad también suponía dos días de autonomía.

La pala cargadora de las tolvas de áridos se dimensionó para una producción de 450 tn/h en carga de áridos, por lo cual se seleccionó una máquina de 24 toneladas de peso y 4 m³ de cazo.

El hormigón entregado por la planta se recogía en silobuses sobre camión, con una capacidad de, como ya se ha comentado, 4,5 m³. Debían realizar permanentemente un circuito cerrado de 200 m de recorrido, siempre en el mismo sentido, recogiendo la descarga de la planta de hormigón, transportándolo al muelle de cazos y retornando a la planta. En el muelle de



Ilustración 3: Muelle de cazos, silo-bus y cubo del blondín, durante la ejecución de las losas de ensayo

cazos, los silobuses descargaban sobre cubos de hormigón de apertura inferior hidráulica. Estos cubos permanecían, durante el hormigonado, colgados de los blondines, que se encargaban de poner el hormigón en cada punto de la presa.

Para amasadas de 4,5 m³, se proyectó un sistema de blondines con una capacidad de carga individual de 13,5 toneladas.

Se decidió instalar en la obra dos blondines radiales de sector con el punto fijo en la margen derecha y la vía de rodadura en la margen derecha. Con la instalación proyectada se lograba abarcar un sector que cubría toda la presa.

La topografía de la cerrada de la presa permitía ubicar los cables a una altura suficiente como para abarcar toda la altura necesaria sin necesidad de estructuras auxiliares, el formato del punto fijo fue de hormigón, donde se

ubicaron las banderas de anclaje de cables portantes (cables carriles) y las poleas de reenvío de los cables de maniobra (elevación y traslación).

El desplazamiento en la vía de rodadura se realizó con minicarros en vez de con torres altas aprovechando la propia altura que proporcionaba el terreno sin necesidad de estructuras suplementarias. En este formato, se realiza una cimentación en forma de cuña que exige mucho menos espacio, ya que los minicarros son de un volumen notablemente inferior a las torres altas y no precisan contrapesos.

El traslado del balancín y el gancho de los blondines, de donde se cuelga el cubo y el resto de elementos que se precisa introducir en los distintos bloques de la presa, se realiza mediante dos cables de maniobra, elevación y traslación. Se mueven mediante motores de corriente continua montados en cabrestantes que permiten lograr una mejor regulación de velocidad respecto a los de corriente alterna. El de traslación transfiere el movimiento por fricción al cable, mientras que el cabrestante de elevación posee un tambor que, mediante la rotación del mismo, transmite el movimiento.

Los cabrestantes se ubican dentro de la sala de máquinas, junto al punto fijo, así como su centro de transformación y sus equipos eléctricos de protección, regulación y control.

Los blondines se manejan desde unas cabinas junto al muelle de cazos, de tal forma que los operadores vean en todo momento la carga del cubo en el muelle de cazos. Cada operador de blondín debe estar asistido por un señalista en el tajo, que se encarga de la apertura del cubo en la ejecución de las tongadas y de indicarle la posición del cubo u otras cargas en todo momento, ya que el blondinista realiza en innumerables ocasiones movimientos de cargas a ciegas.

Es fundamental para la ejecución de una presa contar con un adecuado sistema de comunicación a todos los niveles, y muy especialmente entre blondinistas y señalistas, así como entre la planta de hormigón y los encargados de los trabajos y con el personal de mantenimiento de la maquinaria.

Este sistema de comunicación se diseñó en base a emisoras multicanal que permiten disponer de canales independientes de comunicación suficientes para todas las necesidades de la obra.

2. EXTENDIDO Y COMPACTADO DEL HORMIGON

Para el extendido y compactación del hormigón, se contó con dos equipos de bulldozer y retroexcavadora de vibrado, con una capacidad por equipo de 150 m³/h. Estos equipos se introducían también a los bloques para el hormigonado de tongadas mediante los blondines, por lo que su peso no podía sobrepasar la capacidad portante de los mismos.

Los bulldozer, de 7 toneladas, se encargarían de, tras la descarga de los cubos de hormigón, su extendido creando la subtongada uniforme de la altura precisa para su compactación por vibrado.

Las retroexcavadoras de vibrado, de 13 toneladas, poseían cada una 6 vibradores hidráulicos de gran capacidad de compactación (superior a 25 m³/h por vibrador) para lograr llegar a los 150 m³/h de rendimiento por



Ilustración 4: Medios de puesta en obra del hormigón. Cazo del blondín, bulldozer de extendido y retroexcavadora con el equipo de vibrado

máquina. Se ubicarían sobre la capa extendida y vibrarían la subtongada avanzando por detrás de los bulldozer.

3. ENERGÍA Y MEDIOS AUXILIARES

Las instalaciones precisas para la ejecución de una presa como Ibiur van más allá de los propios medios de fabricación y puesta en obra del hormigón. Estos se completaron pensando en el suministro de aire comprimido, electricidad y agua a todas las tongadas de la presa.

En Ibiur, se ubicó un compresor estacionario de 17 m³/min con dos calderines de 1,5 m³ de capacidad, uno de ellos ubicado en la parte inferior de la presa para compensar las pérdidas de carga en las canalizaciones.

La distribución a las distintas tongadas se realizó mediante tuberías de PVC. Desde el compresor se lanzó una tubería general de reparto aguas abajo de la presa y de ella se tomaron las derivaciones precisas para las distintas tongadas.

Con el agua la solución fue similar. Se ejecutó una bajante general desde el depósito de agua, de la cual se tomaron las derivaciones precisas a planta de hormigón, tongadas y resto de servicios auxiliares.

La energía eléctrica para el funcionamiento de todos los equipos se suministró mediante una red aérea hasta un centro de transformación de obra. Desde allí se repartió a otro centro de transformación propio de los blondines y a todos los equipos de baja tensión de la obra.

La distribución a las instalaciones fijas (planta de hormigón, blondines, taller, iluminación general, ...) se realizó enterrada, mientras que la distribución a las distintas tongadas de la presa y su iluminación se realizó mediante dos acometidas generales en superficie, aguas arriba y aguas abajo de la excavación.

Se ubicaron cuadros de reparto en los puntos de toma de las distintas salidas hacia luminarias y otros cuadros secundarios que se trasladaban según necesidades entre los propios bloques de la presa.

4. EQUIPOS HUMANOS

De cara a la autonomía también los equipos humanos se dimensionaron de forma que los problemas que pudiesen aparecer se solucionasen con los mínimos medios externos.

En la planta de hormigón, se contó con dos operadores, los cuales se encargaban de la fabricación y el mantenimiento, asistidos por otras dos personas de apoyo.

A los blondines se asoció de forma permanente un mecánico encargado de todas las revisiones pertinentes y de la vigilancia de toda la instalación para, en el caso de que surgiese algún inconveniente, se pudiese detectar y resolver lo antes posible.



Ilustración 5: Presa de ibiur

A su vez, para el resto de maquinaria e instalaciones eléctricas, y como asistencia a la planta de hormigón y blondines, se instaló un taller en la obra dedicando a un mecánico y un electricista para poder garantizar el funcionamiento de todos los equipos.

Estas instalaciones y maquinaria, así como su personal humano asociado, se diseñaron e implantaron para la obra, fabricando y poniendo en obra los más de 170.000 m³ de hormigón, divididos en 370 tongadas, que componen la Presa de Ibiur.