

La Presa de La Breña II

La Breña II Dam

Antonio Sandoval Zabal. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Director de la Obra (AQUAVIR). sandoval@aquavir.com
Mario Quiñónez Alonso. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Jefe de la Asistencia Técnica (INITEC). qalonso@tecnicasreunidas.es

Resumen: La presa de La Breña II, situada en el río Guadiato, al pie de Sierra Morena en la provincia de Córdoba (Andalucía), creará un embalse de 823 Hm³ de capacidad, de modo que regulará principalmente las aportaciones excedentes del Guadalquivir al paso por la localidad de Almodóvar del Río y así abastecer a los regadíos de olivos, algodón, naranjos y trigos de la vega baja del Guadalquivir. La presa es del tipo gravedad de HCR (hormigón compactado), con una altura máxima de 119 m y una longitud de coronación de 685 m que la convertirán en la mayor de Europa de esta tipología. El complejo incluye una estación de bombeo y turbinado que elevará las aguas del Guadalquivir al embalse aprovechando los caudales excedentes en invierno y liberándolos en verano e incorpora una serie de medidas medioambientales que incluyen entre otras, la protección y desarrollo del Lince Ibérico y su ecosistema.

Palabras Clave: Río Guadiato, Río Guadalquivir, HCR, Bombeo, Regadío, Medidas medioambientales, Parque Hornachuelos, Instalaciones, Desarrollo de los trabajos

Abstract: La Breña II dam is on Guadiato river, at the foot of Sierra Morena Hills, in the Cordoba Province (Andalucia), will create a 823 cu hm capacity reservoir. It will regulate excess flows of Guadalquivir river on Almodovar del Rio city, irrigating downstream, olives, cottons, wheat and oranges crops. The dam will be 119 m high with a crest length of 685 m. The typology is RCC (Roller compacted concrete) gravity dam, when it finishing will be the greatest dam of Europe of its type. The Project includes a pumping station and power house. Also the project take account several environments intervention to protect the ecosystem. Particular attention will give to develop and recreate the Lince Pardina environment.

Keywords: Guadiato river, Guadalquivir river, RCC, Pumping, Irrigation System, Environments, Hornachuelos Nature Park

1. Antecedentes

La construcción de embalses en el río Guadalquivir, por la enorme cantidad de afecciones que generarían, hizo buscar alternativas basadas en la utilización de afluentes, creando embalses cerca de la confluencia a los que bombear el caudal del Guadalquivir.

Los afluentes de la margen derecha tienen condiciones idóneas para ello, habiéndose ejecutado un esquema similar en el río Yeguas (embalse de San Rafael de Navallana) y en el río Arenoso (embalse de Arenoso).

En el río Guadiato existe desde 1935 una presa cercana a la confluencia con el Guadalquivir. Es una presa de gravedad realizada mediante bloques de hormigón en los paramentos y relleno de hormigón ci-

clópeo, con una altura de 55 m y una longitud de coronación de 207 m, que almacena 103 Hm³ e inunda una superficie de 587 Ha. El aliviadero, de labio fijo, está dimensionado para una avenida de 1.080 m³/s y el desagüe de fondo, equipado con tres válvulas Howell-Bunger, tiene una capacidad de 117 m³/s.

La idea de recrear este embalse se reflejó por primera vez en el año 1963 en el "Proyecto del Salto de Villaviciosa con Bombeo en el Río Guadiato" de la Compañía Sevillana de Electricidad, desarrollándose en el año 1979 en el "Estudio de Prefactibilidad del Recrecimiento del Embalse de la Breña" y en 1988 con el "Estudio Preliminar de Regulación del Guadalquivir en el nuevo embalse de la Breña".

Todos estos estudios previos cristalizaron en el Proyecto de Construcción de la Presa de la Breña II, redactado en 1994 por el ingeniero de la Confedera-

Presas actual de Breña en el río Guadiato.



ción Hidrográfica del Guadalquivir Agustín Pastor Turullols. Daba así comienzo un periodo de tramitación administrativa y ambiental que, como suele ser común en las presas, resultó largo y difícil.

En 1999, con la creación de la Sociedad Estatal Aguas de la Cuenca del Guadalquivir (AQUAVIR), la actuación continúa su tramitación adjudicándose a la empresa DRAGADOS S.A. que redacta el correspondiente Proyecto de Construcción y que, tras su aprobación, permite el inicio de su construcción en mayo de 2005, previéndose su conclusión para el invierno de 2008.

En esta tramitación se ha obtenido una ayuda de los Fondos FEDER de la Unión Europea, que financia el 50% de la actuación. Para el restante 50% se ha firmado un Convenio de Financiación con la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir que asume la condición de usuario.

2. Propósito

El embalse de la Breña II nace para satisfacer una necesidad capital para el desarrollo de Andalucía: la garantía de agua.

La Cuenca del Guadalquivir presenta una distribución de caudales muy irregular, tanto anualmente como interanualmente, siendo este motivo de numerosos problemas para la población y el sector primario que en el valle del Guadalquivir tiene como uno de sus pilares el regadío, el principal usuario del agua y que genera a su vez el 60% de la producción Final Agraria (con tan solo el 18% de la superficie agraria), lo que incide de manera muy notable en aspectos socioeconómicos como el empleo, balanza comercial, etc...

En los últimos años Administraciones (Unión Europea, Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, Junta de Andalucía, SEIASA y la Sociedad Estatal de Aguas de la Cuenca del Guadalquivir) y Comunidades de Regantes han hecho un importantísimo esfuerzo por modernizar sus infraestructuras de riego.

Estas modernizaciones van encaminadas hacia dos objetivos interrelacionados: el ahorro de agua y la adopción de técnicas de riego más eficientes (riego por goteo y aspersión). Las nuevas infraestructuras posibilitarán la introducción de nuevos cultivos más rentables como los cítricos que puedan compensar los costes de la modernización.

Sin embargo la rentabilidad de los cultivos arbóreos está condicionada a la garantía de agua ya que su

implantación supone una infraestructura estable, que no puede ser variada cada año en función de los condicionantes climatológicos (como sucede en cultivos anuales de maíz, algodón o girasol). Además, las industrias auxiliares asociadas a estos cultivos que ya están instalándose en la zona (producción de zumo, comercializadoras, maquinaria, etc.) requieren igualmente fortísimas inversiones que no pueden estar sometidas, más allá de lo razonable, a los avatares de clima.

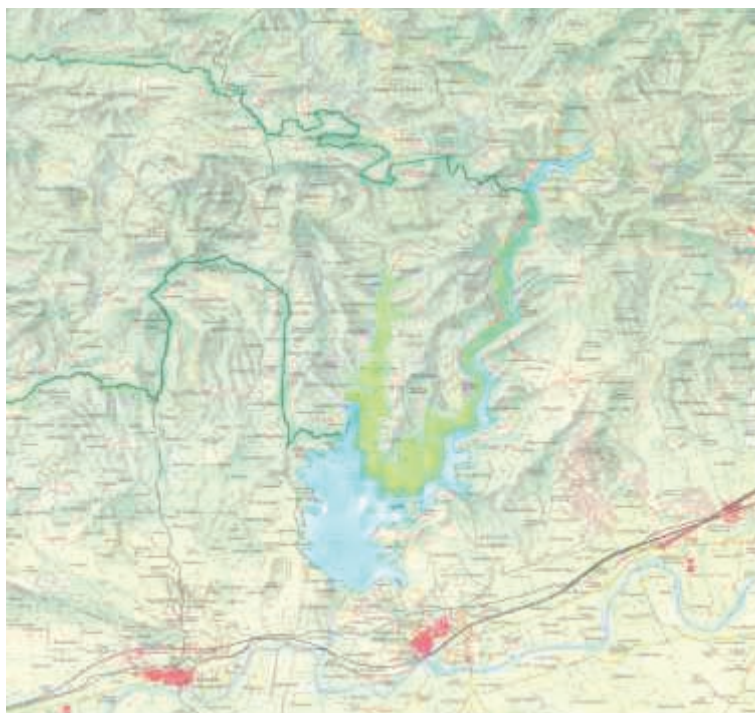
Por todo ello la presa de la Breña II está adscrita al Sistema de Regulación General, al que aporta una regulación adicional de 258 Hm³, con el claro objetivo de proporcionar la garantía del caudal, permitiendo el ahorro efectivo de agua sin comprometer el crecimiento económico.

3. Marco Geográfico

La presa de La Breña II está situada en el cauce del río Guadiato, muy próxima a la confluencia con el río Guadalquivir (2.000 m aguas abajo) y al pie de la Sierra Morena, en el termino municipal de Almodóvar del Río (provincia de Córdoba) y a unos 20 Km al suroeste de la ciudad de Córdoba. Se accede a través de la carretera A-431 que une las ciudades de Córdoba y Sevilla.

4. Entorno Geológico

La zona ocupada por el embalse se enmarca en el entorno de la Sierra Morena (macizo Ibérico), y la cerrada se encuentra a una decenas de metros de la actual presa de la Breña I, sobre una formación de rocas metamórficas del precámbrico, constituidas por grauvacas intercaladas con formaciones esquistos micáceos. Como es usual en este tipo de formaciones, las mismas se encuentran fuertemente foliadas, en este caso son subverticales con ángulos de buzamiento 50° a 85° hacia aguas abajo. Esta disposición es muy favorable desde el punto de vista geotécnico para una presa de gravedad. A pesar de contar ya con una presa casi en la misma cerrada, se llevo a cabo una intensa campaña de estudios geológicos y geotécnicos que incluyeron sondeos, prospección sísmica y pruebas de admisión de agua, a fin de contar con la máxima cantidad posible de información en la etapa de diseño y desarrollo del proyecto.



Mapa de situación.

5. Característica de la Cuenca y el Embalse

La cuenca tiene una superficie de 1.503 Km² y la aportación media del río Guadiato en el punto de cierre es de 203 Hm³/año con un caudal medio de 7,5 m³/s.

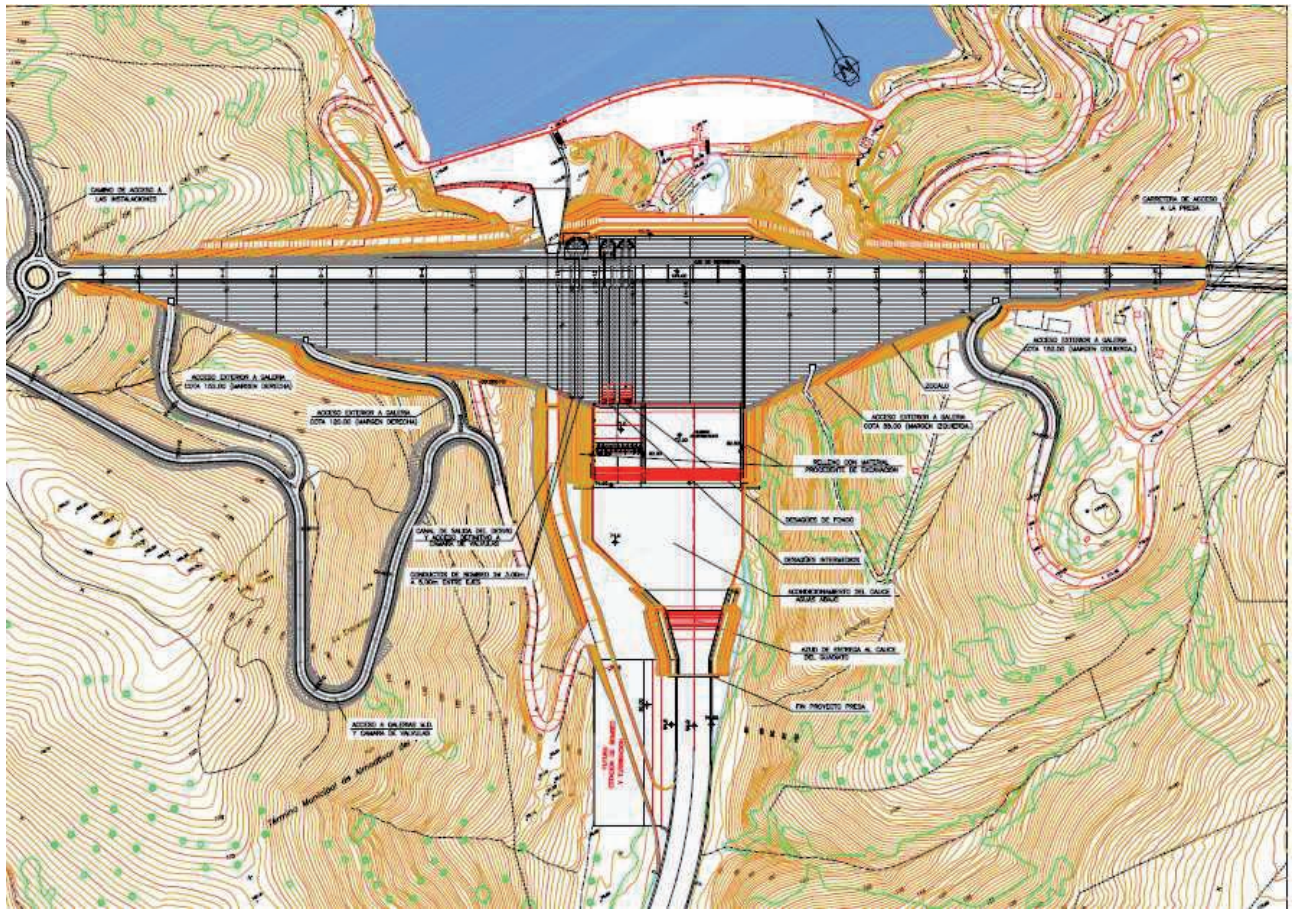
Es de resaltar que a pocas decenas de metros aguas arriba de la cerrada se encuentra una presa de hormigón construida en los años 30 que regula al río Guadiato siendo la capacidad de su embalse de unos 100 Hm³. Además la cuenca está regulada por dos embalses más aguas arriba de La Breña I: Puente Nuevo con 41 Hm³ y Sierra Boyera 286 Hm³.

El río Guadalquivir en la confluencia con el río Guadiato presenta una cuenca de 7.825 Km² sin posibilidades directas de regular, por lo que la regulación se realiza mediante embalses laterales sobre sus afluentes, siendo el volumen medio anual de esta aportación de 2.026 Hm³. El caso de La Breña prevé instalar una estación de bombeo con una capacidad de 50 m³/s.

La capacidad del embalse a su máximo nivel normal es de 823 Hm³, correspondiéndole una superficie inundada de unas 2.000 Ha.

El embalse tiene dos brazos diferenciados, uno sobre el mismo río Guadiato de unos 20 Km y otro sobre el arroyo de La Cabrilla de 5 Km de longitud.

Planta de la nueva presa.



Los caudales de avenida a régimen natural en el emplazamiento de la presa son los siguientes:

T= 10 años	$Q_{max.} = 716 \text{ m}^3/\text{s}$
T= 100 años	$Q_{max.} = 1.349 \text{ m}^3/\text{s}$
T= 500 años	$Q_{max.} = 1.852 \text{ m}^3/\text{s}$
T= 1.000 años	$Q_{max.} = 2.069 \text{ m}^3/\text{s}$
T= P.M.F.	$Q_{max.} = 2.111 \text{ m}^3/\text{s}$

El máximo nivel normal corresponde a la cota 179 msnm, la avenida de proyecto, en su desagüe, alcanza el nivel de 182,32 msnm (NAP) y el máximo nivel para la P.M.F. es de 183,63 msnm (NAE).

6. Características Técnicas

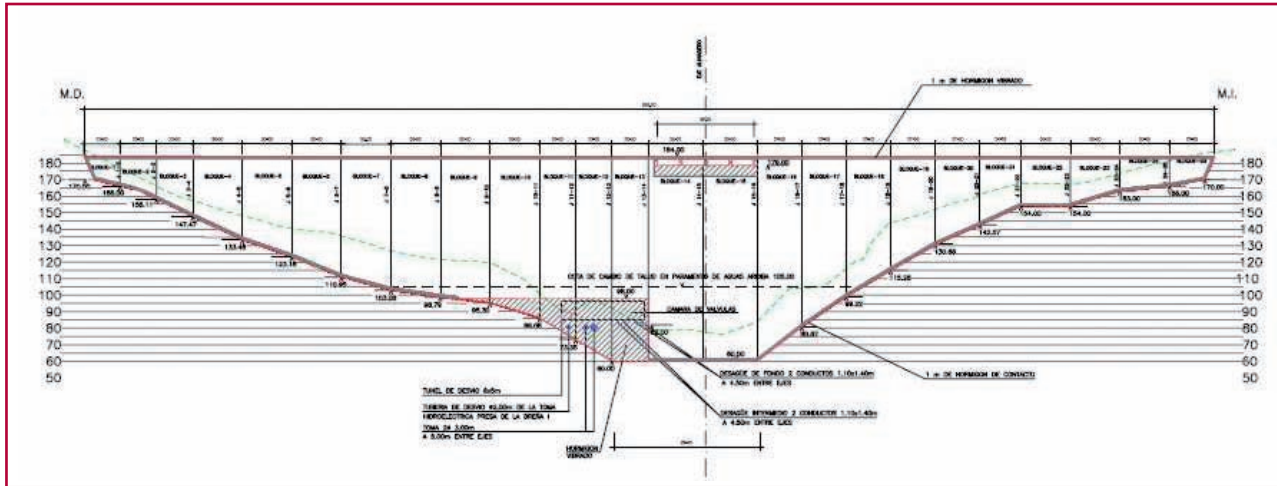
6.1. Tipo de presa y Materiales

La presa es del tipo gravedad de planta recta, de 685 m de longitud de coronación y de 119 m de altu-

ra. Esta dividida en 26 bloques cuyas anchuras van de los 15 m a los 30 m. La sección tipo tiene el paramento aguas arriba con un talud de valor 0,05 desde la coronación hasta la cota 105,00, siendo el talud de 0,30 por debajo de dicha cota hasta la cimentación, para aumentar la estabilidad; con el mismo propósito, la base de la presa presenta una inclinación hacia aguas abajo del 5%. El paramento de aguas abajo presenta un perfil escalonado con dimensiones de 1,20 m de contrahuella y 0,90 m de huella, resultando un talud promedio de valor 0,75.

La presa será construida en hormigón compactado con rodillo (HCR) casi en su totalidad, con un volumen aproximado de 1.290.000 m³. El HCR es una técnica relativamente joven (30 años de experimentación) que reemplaza a la técnica del hormigón vibrado, consiste principalmente en fabricarlo de igual manera que el hormigón vibrado, pero colocarlo con la técnica de la compactación de tierra. La principal ventaja es su velocidad colocación.

A efectos de hormigonado, el cuerpo de presa se descompone en 25 bloques, separados por y juntas



Perfil longitudinal de la nueva presa.

transversales. Los bloques se numeran desde el 1 (ladera derecha) al 25 (ladera izquierda).

La excepción respecto a esta metodología de construcción con HCR, la constituyen los bloques 11 a 12 en los que se utilizara hormigón convencional (vibrado), debido a que en la zona baja de estos bloques se encuentran alojadas las estructuras de desagües y alimentación de la central de turbinación y bombeo, que harían complicado la colocación del HC. El hormigón vibrado se utiliza desde la cimentación hasta la cota 98,00 en la zona de aguas arriba (cámara de compuertas) o hasta la cota 89,50 en la zona de aguas abajo (tuberías de desagüe). El volumen de hormigón vibrado es de unos 70.000 m³. El resto del bloque se realizará con HCR.

6.2. Aliviadero

El aliviadero es de labio fijo, con perfil en la coronación de tipo Creager, y canal de descarga del tipo escalonado. Su geometría le permite una longitud libre de vertido de 54 m para desaguar un caudal laminado para la avenida de proyecto (Q.1000) de 705 m³/s, mientras que el caudal laminado correspondiente a la PMF es de 1.206 m³/s. Los respectivos caudales específicos son de 12,05 m³/s por m de aliviadero, para la avenida de proyecto, y de 20,61 m³/s.m para la PMF.

El aliviadero termina en un cuenco amortiguador de 35 m de longitud y un ancho 58,5 m.

6.3. Desagües Intermedios y de Fondo

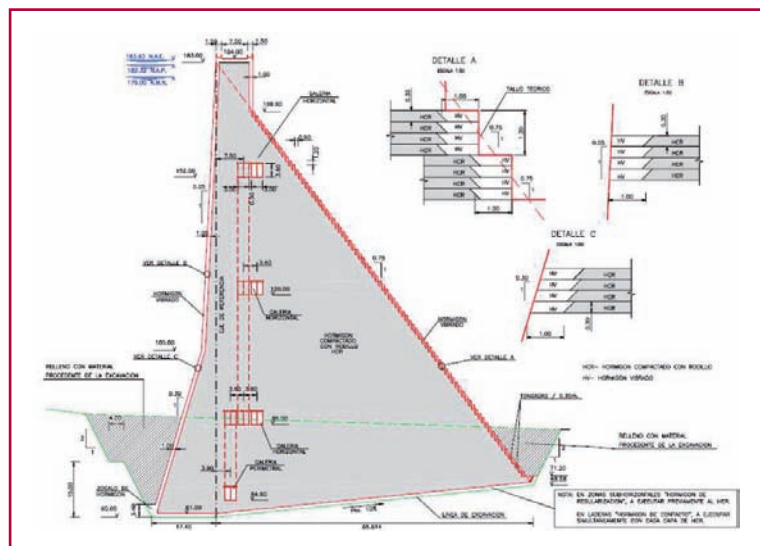
Se han previsto dos (2) desagües de fondo con cota de toma a la 82,90 msnm y dos (2) desagües inter-

medios con cota de toma a la 115,00 msnm. Las tuberías de los desagües son de acero, tienen sus ejes a la cota 83,70 y sus diámetros son de 1,60 m. Cada una de ellas se regula con una válvula Howell Bunger de 1,60 m de diámetro, gobernándose las cuatro desde una cámara de compuertas, en el interior de la presa, junto al paramento de aguas debajo de la presa. Además, cada conducto cuenta con dos compuertas tipo Bureau de 1,30 m x 1,60 m, una de cierre y otra de seguridad, gobernadas estas últimas desde una cámara de válvulas dispuesta junto al paramento de aguas arriba. Los desagües se sitúan en el bloque 12B.

6.4. Aducción para Bombeo y Generación

Se contará con dos (2) tomas para la estación de bombeo y turbinación a cota 110 msnm, constituidas

Perfil transversal del aliviadero.





Excavación de la cimentación y acceso a galería.

por sendas tuberías de acero de 3,00 m de diámetro, gobernada cada una de ellas por dos compuertas tipo Bureau de 2,35 m x 3,00 m, una de seguridad y otra de regulación, alojadas en una cámara de compuertas junto al paramento de aguas arriba de la presa. Se ubican en el bloque 12A.

6.5. Auscultación

Se ha previsto un sistema de auscultación que incluye, entre otros aparatos, termómetros embebidos en la masa de hormigón para seguir luego su evolución térmica durante el proceso de construcción. Para la fase de explotación, se dispondrán piezómetros de medición de presiones intersticiales para control de filtraciones, péndulos directos e invertidos para medir los movimientos de la presa, extensómetros de varillas para control de deformaciones e hitos topográficos en coronación para control de movimientos, así como dos acelerógrafos y una estación meteorológica.

6.6. Desvío del Río

Durante la ejecución de las obras de la nueva presa, los caudales ordinarios circulantes por el río Guadiato serán turbinados por la actual minicentral de la presa de la Breña I. A estos efectos, la actual tubería forzada de acero de 2,00 m de diámetro, se ha restituido, en la zona afectada por las nuevas obras, por una tubería igual, con objeto de mantener el esquema anterior de funcionamiento y la producción hidroeléctrica.

El control, durante la construcción de la nueva presa, de los caudales extraordinarios que no puedan ser turbinados, exige la ejecución de una obra de



desvío del río de relativa sencillez. La presa existente (La Breña I) constituye la ataguía del desvío. Los caudales extraordinarios verterán por el aliviadero actual y está previsto conectar la salida de este aliviadero con un conducto rectangular de 5,00 m de ancho por 6,00 m de altura ubicado en el bloque 11 de la nueva presa, por el que discurrirán dichos caudales. El caudal de diseño de estas obras es de 300 m³/s.

7. Estación de Bombeo y Turbinado

7.1. Introducción

Como se ha descrito anteriormente, el esquema de funcionamiento del embalse de la Breña II incluye la construcción de una estación de bombeo para elevar las aguas circulantes por el río Guadalquivir excedentes en invierno, para almacenarlas y desembalsarlas en la época estival cuando la demanda de caudal del regadío así lo requiere, este caudal desembalsado se turbinará para equilibrar el balance energético del sistema.

Este esquema de funcionamiento permite además regularizar el régimen fluvial y mantener el río Guadalquivir con un caudal fluyente estable durante más tiempo, aspecto que contribuirá a evitar inclusiones salinas en la desembocadura al aportar caudal en la época mas seca, lo que redundará en beneficio de la fauna asociada.

7.2. Descripción de las Obras

La estación se sitúa inmediatamente aguas abajo de la presa de la Breña II. La estación de bombeo



efectuará la elevación de un caudal de $50 \text{ m}^3/\text{s}$, y la central de turbinado se equipará para un caudal máximo de $35 \text{ m}^3/\text{s}$.

El desnivel, 97 m de altura de diseño con una variación de carrera en el embalse de la cota 100 a cota 173, junto con los importantes caudales previstos hacen de esta estación una de las instalaciones más importantes del país, a modo de ejemplo puede citarse el Tránsito Tajo-Segura con una elevación de $33 \text{ m}^3/\text{s}$ (aunque a 245 m de altura).

Se han seleccionado bombas verticales con doble aspiración que mejoran el rendimiento, permiten una mejor integración de las instalaciones de bombeo y turbinado y una simplificación de la obra civil. Se ha dotado además a los grupos de un variador de frecuencia que permita el funcionamiento a todos los rangos de altura con rendimientos satisfactorios.

Se han previsto 7 bombas, con caudal unitario de $7,14 \text{ m}^3/\text{s}$, accionadas por motores de 9.300 kW, que supone una potencia total instalada de bombeo de 65 MW. Cada una de estas bombas contará con un variador de frecuencia y un transformador de relación 11/6,6, este último situado en el exterior del edificio, adosados a la sala eléctrica de la central.

En cuanto a las turbinas, dada las alturas de salto y el caudal a turbinar se opta por turbinas Francis, con un campo de aplicación muy extenso, pudiéndose emplear, con buenos rendimientos, en saltos de distintas alturas y dentro de una amplia gama de caudales.

Para el turbinado se han previsto 2 turbinas Francis de eje vertical, de forma que ninguna de ellas trabaje por debajo de valores del 60% de la carga total, cada una de ellas con un caudal de diseño de $17,5 \text{ m}^3/\text{s}$ y una potencia unitaria máxima de 17.000

kW, por lo que la potencia total de generación será de 34 MW.

El edificio de la central principal cuenta con una nave principal de dimensiones $93,50 \times 15,00 \text{ m}$ en la que se alojan los siete grupos de bombeo y los dos grupos de turbinado, alineados en un mismo eje, con separaciones entre ejes de bombas de 7,55 m y de 9,30 m entre ejes de turbinas.

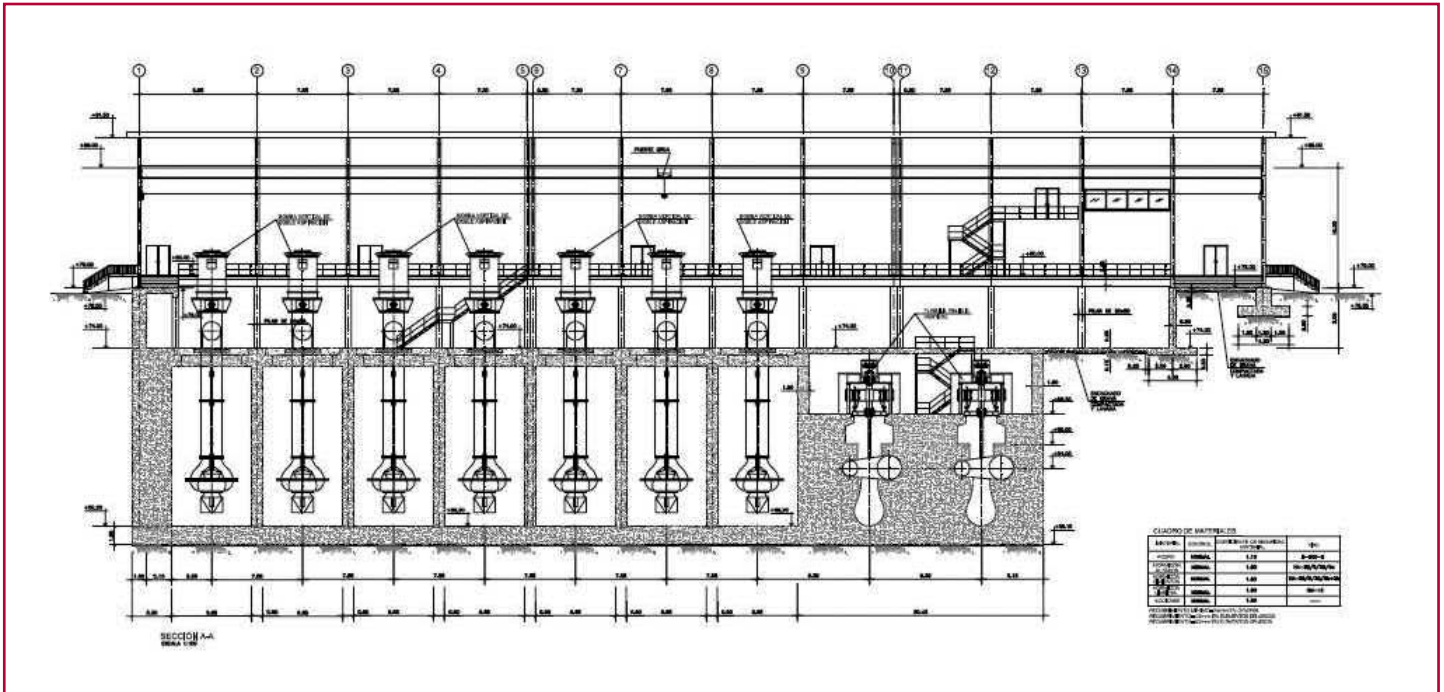
La zona de turbinas cuenta con tres niveles: planta superior o de operación en la que se ubica el área de descarga y montaje y cuadros de control local.; planta intermedia o de alternadores donde se instala el alternador, celdas de generación, excitatrices, etc.; y planta inferior o de turbinas en la que se sitúan los conductos forzados, con las válvulas de guarda, los accesos al eje de los grupos, el acceso a la galería de cimientado y el pozo de achique.

La zona de bombas cuenta tan sólo con un nivel, la planta superior o de operación en la que se ubican los motores de las bombas y las impulsiones, con la valvulería correspondiente. Cada una de las bombas tiene un pozo independiente que permite maniobras de reparación o mantenimiento sin interferir en el funcionamiento de las demás.

Los equipos de bombeo y turbinado se disponen a lo largo de un eje común. La impulsión de cada bomba es una conducción de acero de 1.600 mm de diámetro en la que se sitúan una válvula de mariposa y una válvula de retención que permita una maniobra ultra-rápida para protección de la bomba ante la inversión del flujo.

Las turbinas contarán con una válvula de guarda en la embocadura de la cámara espiral para evitar fugas con la máquina parada, aumentar la seguridad del sistema y facilitar los trabajos de mantenimiento y revisión.

Esquema general del sistema de bombeo y turbinado.

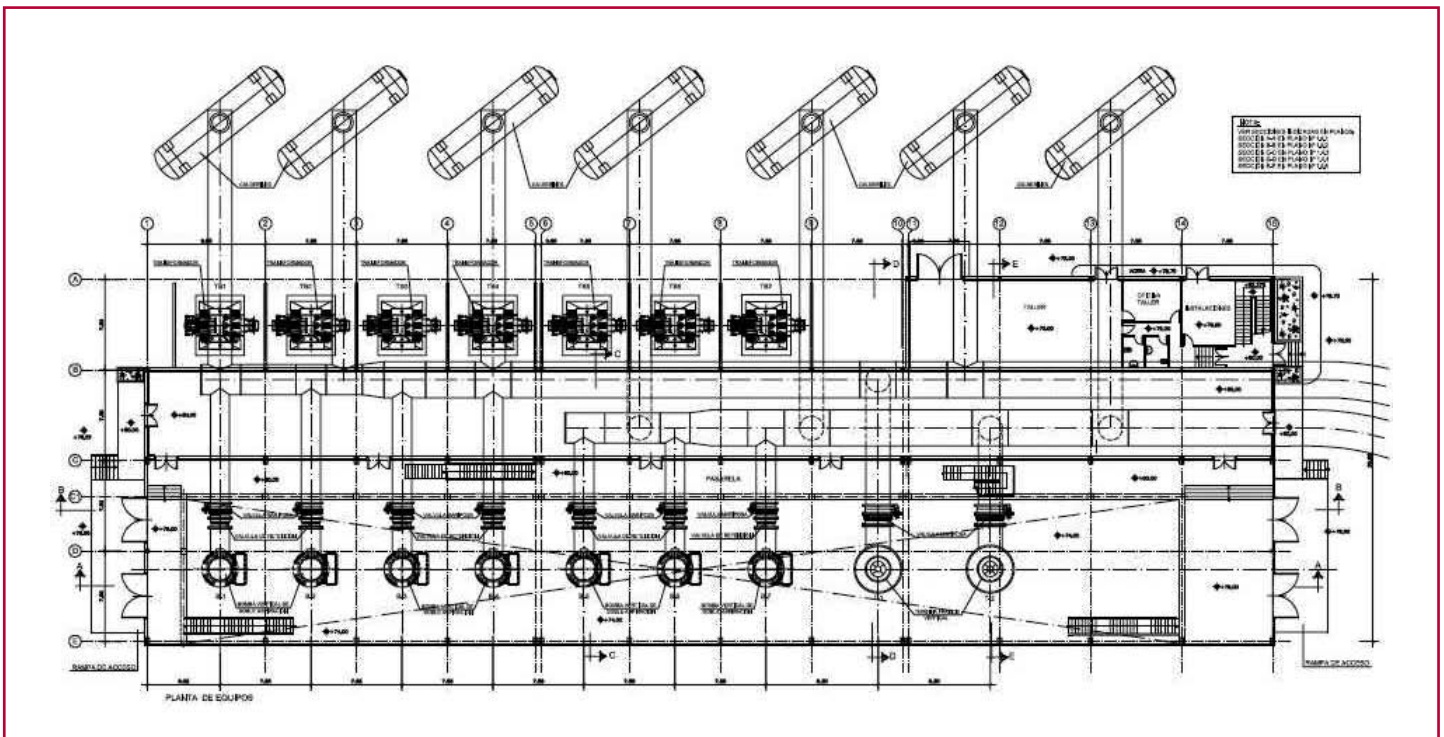


Estación de bombeo y turbinado. (Arriba sección. Abajo Planta).

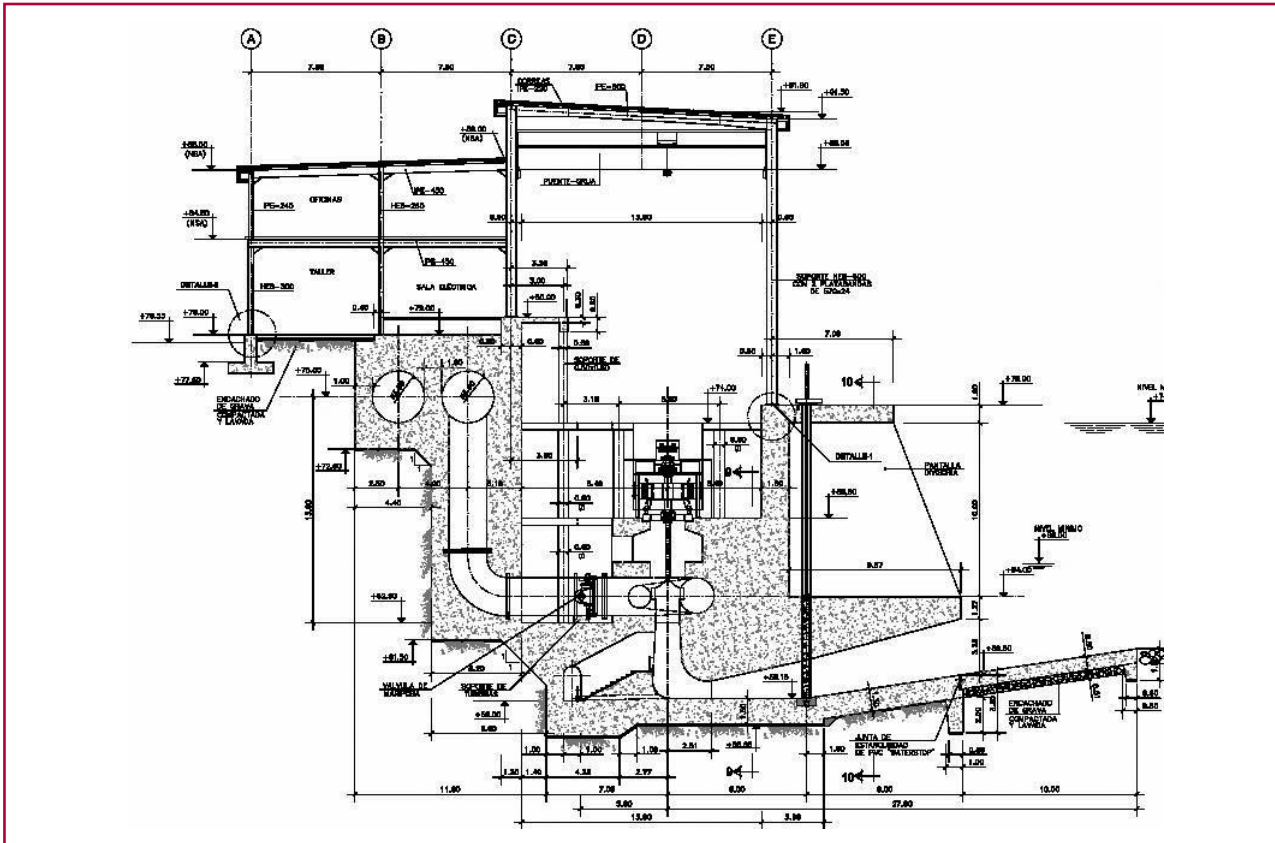
Estas serán válvulas de mariposa ya que requieren poco espacio y son de construcción sencilla, por lo que resultan más económicas que sus posibles alternativas.

En el interior de la central se encuentran, discutiendo bajo la sala eléctrica y embutidos en un maci-

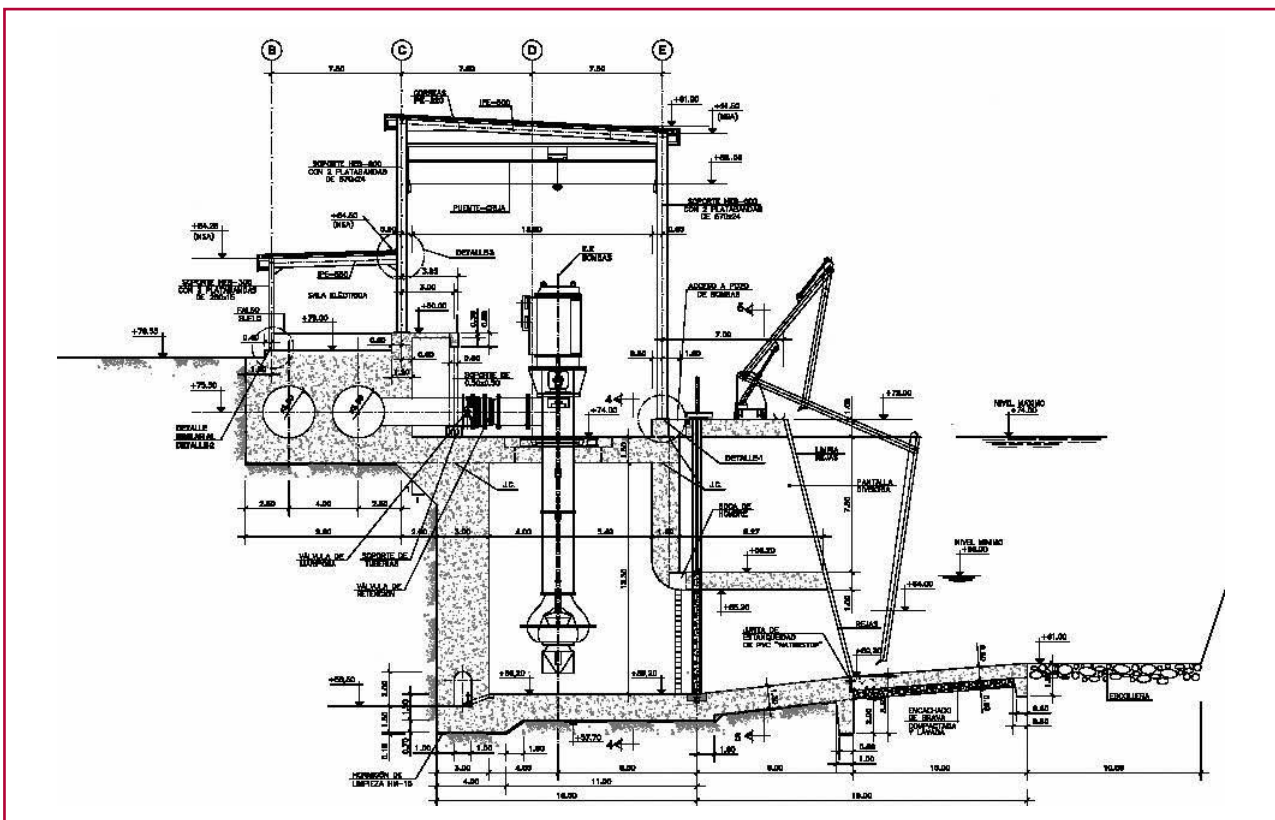
zo de hormigón, los dos colectores de acero, C1 y C2, con diámetro telescópico de 2.500 y 3.000 mm que recorren toda la longitud de la central y a los que se van uniendo las impulsiones y las tuberías forzadas de las turbinas.



Detalle de una turbina.



Detalle de una bomba.





En la conducción C1 se conectan cuatro bombas y una de las turbinas, y en el colector C2 se conectan las tres bombas restantes y la otra turbina.

Para poder hacer llegar el río del Guadalquivir hasta el pie de este bombeo, se ha previsto una captación del río, analizando la alternativa de azud en el Guadalquivir y la de una elevación de poca altura con el azud localizado en el río Guadiato, y un canal de conducción del agua de 1.600 m, excavado sobre la roca con una sección tipo de 20 m de ancho y taludes 3V:1H que forma parte del Proyecto de la Breña II.

8. Medidas Ambientales

8.1. Introducción

El recrecimiento del embalse de La Breña afectará a un área que oscila entorno al 1% de la superficie total del Parque Natural de la Sierra de Hornachuelos, por ello la Declaración de Impacto Ambiental (3 de abril de 1998) estableció una serie de condicionantes para que las obras puedan considerarse ambientalmente viables. Por ese motivo AQUAVIR redacta un Proyecto de Compensación de Terrenos y Medidas

Correctoras para la Construcción de la Presa de la Breña II que incluye una serie de medidas encaminadas a la mejora de la capacidad de acogida del hábitat y recuperación de la cubierta vegetal.

Este Proyecto supone la creación de un área de compensación ecológica de 2.179 Ha. de superficie, donde llevar a cabo una serie de actuaciones de mejora del medio para compensar la afección ambiental del proyecto. En este sentido se han definido 15 Parcelas de Actuación (2.134 Ha) y otras 15 más pequeñas denominadas Actuaciones Puntuales (45 Ha).

Para la puesta en marcha de estas medidas compensatorias se ha elaborado un "Programa de Desarrollo" que analiza las diferentes actuaciones, programándolas con criterios homogéneos para un desarrollo más eficiente del proyecto, estructurando las medidas en grupos homogéneos de actividades, según naturaleza y afinidad, con el fin de facilitar su ejecución, así como el adecuado control y seguimiento, a cargo de un nutrido grupo de especialistas.

En estas actuaciones, se desarrollan medidas orientadas a la Fauna, a la Vegetación y a Infraestructuras, así como un buen número de Estudios Científicos, incluyendo un ambicioso plan de seguimiento y mantenimiento que se prolongará durante 20 años.

8.2. Descripción de las Actuaciones

Actuaciones sobre la fauna

Fomento de especies presa

Dentro de estas actuaciones se ha tenido especialmente en cuenta la Estrategia para la Conservación del Lince Ibérico (*Lynx pardinus*) por lo que se han propiciado aquellas actividades relacionadas con el fomento de especies presa. El conjunto de medidas a desarrollar están dirigidas a:

- Facilitar la disponibilidad de alimento mediante reintroducción del conejo:
 - repoblaciones con conejos, liebres y palomas.
 - creación y acondicionamiento de refugios tipo májanos, vivares y entaramados.
 - campaña vacunación del conejo.
 - suelta del conejo en campo, captura y vacunación.



- construcción de cercados para la cría permanente de conejos.
 - jaulas trampa con cebo vivo para controlar predadores (zorros, perros).
 - desarrollo de jaulas prototipo para captura selectiva de predadores oportunistas.
- Facilitar el asentamiento de las poblaciones mediante siembras y praderías:
 - creación de praderías para garantizar el alimento en épocas de escasez.
 - siembras de trigo y avena.
 - cerramiento de cultivos para protegerlos de ungulados.
 - cerramientos con malla ganadera.
 - Desarrollar una mayor capacidad de acogida del medio aumentando así la biodiversidad con la instalación y creación de una serie de infraestructuras y revegetación de puntos de agua:
 - creación de bebederos de boya.
 - instalación bebederos artificiales y comederos de grano para aves y pequeños mamíferos con protector contra jabalíes.

Conservación de especies protegidas y mejora de hábitat

Dado que de los impactos ambientales más significativos destaca la pérdida de la función ecológica de las zonas a inundar, que actúan como zonas de campeo, refugio o comedero de especies amenazadas, se prevé la implantación de medidas para la

conservación principalmente del hábitat y especies protegidas por la legislación ambiental. Estas medidas se llevarán a cabo mediante la construcción de una serie de infraestructuras:

- construcción de refugios para cría del lince.
- colocación de cajas nido y túneles artificiales para quirópteros.
- construcción de palomares de sierra.
- instalación de nidadas para rapaces y aves insectívoras.
- señalización de alambradas para rapaces.
- creación de muladares (comederos de necrófagos).
- protección de postes y cables para aves.
- casetas de vigilancia.
- cerramiento de caminos de acceso a las parcelas de compensación.
- instalación de pasos canadienses.
- pasos para anfibios y fauna terrestre.
- instalación de espejos reflectantes, ralentizadores en carreteras y caminos.
- repetidores de radio, emisoras portátiles.
- construcción de vados para eliminar impactos en el cruce de los arroyos.
- construcción islas flotantes.
- limitación tránsito de embarcaciones en el embalse.

Actuaciones sobre la vegetación

Trabajos silvícolas:

- Desbroce y mezcla vegetación arbustiva con incorporación de la materia.
- Siembra en desbroces.
- Guía de monte bajo con poda y resalveo.
- Creación áreas cortafuegos.
- Podas de formación.
- Traslado y plantación de ejemplares singulares de árboles y arbustos.

Restauración vegetal:

- Revegetación lindes de praderías.
- Restauración islas bosques.
- Restauración de setos.
- Restauración de sotos.
- Restauración bosques de galería.

Protección del medio biótico

- construcción de charcas-abrevaderos.
- limpieza de manaderos.
- profundización de charcas.
- revegetación y cerramiento de charcas.
- limpieza de basuras y residuos no degradados del río.
- conexión del río Guadiato con los embalses Puen-te Nuevo y Breña II.
- conservación de las riberas.

Actuaciones medio socioeconómico

- creación de un centro de interpretación de las medidas compensatorias (Jardín Botánico y centro de visitantes).
- construcción estación-laboratorio.
- campañas de divulgación.
- redacción de Planes de Gestión.
- formación de guardería de campo.

9. Otras actuaciones

9.1. Introducción

La presa de la Breña II puede considerarse más que una obra, no por su tamaño sino por las implicaciones que representa. Así al margen de aspectos comunes a cualquier otra obra como la arqueología, se abordan aspectos referentes a Planes de Emergencia, las Medidas Ambientales ya descritas, y otras medidas relacionadas con el regadío y las aguas subterráneas que abarcan toda la cuenca pero que forman parte de la actuación.

9.2. Actuaciones

- Se ha realizado una campaña arqueológica preliminar para la localización de yacimientos habiéndose recibido autorización de la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía para realizar las excavaciones y Resolución con actividades arqueológicas Preventivas a llevar a cabo en el embalse que han comenzado en septiembre de 2006.
- Se ha redactado y aprobado el Plan de Emergencia de la Breña I en su función de ataguía de la Breña II. Se ha comenzado su implantación en septiembre de 2006.

- El Plan de Emergencia de la Breña II se ha redactado (octubre 2005 – mayo 2006). En la elaboración de este trabajo se ha realizado una cartografía LIDAR de toda la zona inundable en el Guadalquivir aguas debajo de la presa que se ha suministrado a la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir para su uso en otros Planes de Emergencia de la cuenca.
- Se ha redactado un Plan de Medidas de Ahorro en la Cuenca del Guadalquivir sobre modernización de regadíos y un Plan de Gestión y Control de las Extracciones de Aguas Subterráneas.
- Se ha realizado un Estudio de Determinación de Superficies Regables en la Cuenca del Guadalquivir, condicionante impuesto por la Comisión Europea para la concesión de la ayuda. Desde julio de 2006 de está realizando una segunda fase de este estudio.

10. Desarrollo de las Obras

10.1. Instalaciones

Por ser una presa de HCR, la producción y colocación de este hormigón se asemeja a una línea de producción, hecho no muy habitual en la industria de la construcción que presenta características de una producción por lotes. Por lo tanto las instalaciones de esa línea de producción son esenciales y críticas. Las componen principalmente la planta de tratamiento de áridos y en especial la planta de producción de hormigón, presentando esta última un grado de complejidad importante. Las primeras actividades que se han desarrollado son la ejecución de estas instalaciones.

10.1.1. Planta de tratamiento de Áridos

Para garantizar las necesidades de producción de un método de puesta en obra de alto rendimiento como es el Hormigón Compactado con Rodillo, se ha diseñado un aplanta de tratamiento de árido para una producción de 750 t/h, con un rendimiento medio efectivo de unas 550 t/h, que ha empezado a trabajar meses antes de la primera puesta de hormigón al objeto de contar con un stock inicial de 1.000.000 t que permite cubrir el ritmo de consumo de la central de hormigón. El mon-



taje de esta planta ha sido una de las primeras tareas en emprender (Nov 2006) y requirió un periodo de unos 5 meses.

El material a procesar proviene de graveras situadas en la margen izquierda del río Guadalquivir a la altura de la conjunción con el río Guadiato, habiéndose construido sobre el río un puente de conexión del yacimiento con la planta de tratamiento. Las granulometrías son muy variables en el contenido de arenas, y los tamaños por encima de los 8 cm son escasos.

La planta produce áridos de 3 tamaños (5 a 15 mm, 15 a 30 mm y de 30 a 60 mm) y dos tipos de arenas, una de ellas con tamaños inferiores al tamiz 200. La planta cuenta principalmente con dos sectores: el primario, que produce tamaños de hasta 60 mm mediante machaqueo y cribado, y el secundario, que clasifica los tamaños requeridos de ári-





dos y produce arenas mediante cribado, lavado y machaqueo terciario y cuaternario.

10.1.2. Planta de HCR (Hormigón Compactado)

El volumen de HCR a colocar es de aproximadamente 1.300.000 m³, y para ello se cuenta con una planta de producción de hormigón con una capacidad de 500 m³/h.

Como las especificaciones de diseño indican que el hormigón debe colocarse a una temperatura máxima de 20°C y teniendo en cuenta que los meses de verano en Córdoba alcanzan temperaturas superiores a 40°C, se ha previsto emplear un sistema de enfriamiento de áridos, que incluye un túnel con asper-

sos que “riegan” los áridos con agua a 5°C; adicionalmente se produce hielo en escamas para incorporarlo en el proceso de mezclado. La planta cuenta con dos líneas de producción independientes, con dos amasadoras por línea de 6 m³ de capacidad cada una.

Los áridos se acopian en 3 silos de 2.000 m³ cada uno, las arenas en 2 silos de 800 m³ cada uno y el cemento y las cenizas que forman el aglomerante en 6 silos de 1.500 t. El montaje completo de la planta se llevó a cabo aproximadamente en 6,5 meses.

10.1.3. Cintas ROTEC

El transporte del hormigón se realiza mediante cintas de alta velocidad que llevarán el hormigón desde la planta a los puntos de descarga ubicados en la presa, desde donde mediante Dumpers se distribuirán superficialmente por toda la presa. Estas cintas tienen un ancho de banda de 36” con una velocidad de 3,8 m/s, y una longitud total de aproximadamente 260 m dividida en tres tramos principales, contando el último tramo con un apoyo telescópico, que permite desplazamientos en vertical. Las cintas han sido construidas por ROTEC, compañía especialista a nivel mundial en el desarrollo y fabricación de medios de colocación de hormigón con cintas.

10.2. Caminos

Los caminos fueron las primeras actividades realizadas. Se han acometido caminos definitivos para ac-





ceso y explotación futura de las instalaciones y otros provisionales y auxiliares necesarios para las obras. Se han ejecutado aproximadamente 15 Km de caminos, incluyendo los auxiliares.

Los caminos más importantes son:

Camino de acceso a la presa por margen izquierda con un desarrollo de 2.720 m que cuenta con una capa de aglomerado asfáltico de 5 cm. En la fase de explotación, será el acceso principal a la presa.

Camino de acceso a las instalaciones de poco más de 770 m de longitud, que también cuenta con una capa de aglomerado asfáltico de 5 cm. Es el acceso, a través de la margen derecha de la presa, a la casa de vigilancia y control.

Caminos de acceso a la cámara de válvula y las galerías inspección y drenaje.

10.3. Excavaciones

10.3.1. Con Medios Mecánicos

La excavación por medios mecánicos esta completamente concluida, la misma comenzó a finales del 2005 y se han movido unos 250.000 m³. Los principales equipos que intervinieron en esta etapa fueron 2 retroexcavadoras de 64 t, 3 a 4 retroexcavadoras de 25 a 35 t, un bulldózer Cat D9 y eventualmente un bulldózer Cat D8 o D6, 4 a 5 dumper de 35 t (fuera de ruta) Cat 735 y 7 carrileros 6 x 4. El material de excavación se depositaba en la excavación de las graveras.

10.3.2. Voladuras

La excavación mediante voladuras es una de las tareas más delicadas que se está llevando a cabo, al



volarse a una distancia de menos de 100 m de una presa en operación (construida en los años 30 del siglo pasado).

Para atender esta particularidad se ha limitado la magnitud de las vibraciones alcanzadas en ciertas estructuras existentes durante las voladuras.

Las limitaciones imponen que la realización de cada una de las voladuras sea diseñada y ejecutada mediante el método de voladuras controladas y se tome su registro mediante sismógrafos. Este método impone, que de acuerdo a la proximidad a cada de las estructuras protegidas se limite la altura máxima del banco, que en cada barreno se verifique su carga de explosivo y que la secuencia de explosión se ejecute individualmente, mediante uso de micro-retardos.

A la fecha se han ejecutado unas 250 voladuras, con 67.000 Kg de explosivo y unos 60.000 m perforados, para un volumen excavado de aproximadamente 300.000 m³. Restando aún unos 100.000 m³.

Para la tarea de perforación se ha contado con hasta 4 perforadoras del tipo Atlas Copco ROC D7.

10.4. Hormigones Convencionales

El hormigonado de los bloques de la presa se ha iniciado con la nivelación y relleno de cavidades, para ir cubriendo la roca del fondo de excavación, me-



dante hormigón vibrado. Para este hormigón se utiliza cemento resistente a los sulfatos y como aditivo se emplean cenizas de alto horno en una proporción del 30% respecto del total de cementante.

También ha comenzado el hormigonado de los bloques de desvío y alojamiento de los desagües con este tipo de hormigón.

10.5. Losa de ensayo de HCR

En Octubre 2006 se ejecutó la losa ensayo del hormigón compactado para evaluar mezclas, espesores de tongadas, metodología de ejecución de juntas entre capas, ejecución de cara de paramentos, encofrados, ejecución de juntas entre bloques, colocación de juntas estancas y medios de compactación del hormigón..

Se colocaron unos 2.000 m³ de hormigón, con una fórmula que incluía 220 Kg de materiales cementantes por m³ (40% cemento + 40 % de ceniza AH + 20 % filler calizo).

10.6. Inyecciones de consolidación

Se están llevando a cabo los primeros trabajos de inyección del tratamiento de consolidación del cimiento con una profundidad que varía de 5 m a 10 m dentro del macizo rocoso. Se adoptan presiones de inyección de 6 Kg/cm² y mezclas que parten de una relación agua/cemento de 1,25/1. ♦