

LAS ESTACIONES DE BOMBEO Y GENERACION DE ENERGIA Y SU REPERCUSION EN LA REGULACION Y EN EL APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS ESPAÑÓLES

Dr. Ing. C. C. P. J. M.^o MARTIN MENDILUCE **VOCAL**

1. ANTECEDENTES

Las modernas técnicas de reversibilidad han abierto nuevos horizontes en el campo del aprovechamiento de los recursos hidráulicos, pudiendo contribuir de forma eficaz a hacer posible la satisfacción de las demandas con independencia de su situación geográfica frente a las disponibilidades de agua.

El potencial hidroeléctrico tradicional en nuestro país se encuentra ya aprovechado en un porcentaje importante. De los 150.000 GWh/año en que se ha estimado el potencial lineal bruto, se considera hoy como útil desde el punto de vista técnicoeconómico, un 40 por 100, es decir, unos 60.000 GWh/año, de los cuales hay ya aprovechados algo más del 60 por 100, que representa la mitad aproximadamente de la demanda de energía eléctrica del país en el pasado año de 1972.

Si bien el crecimiento de la demanda en volumen de energía obliga a establecer cada vez con mayor profusión centrales térmicas convencionales y nucleares, no es menos cierto que las necesidades de potencia y regularización de la curva de carga aconsejan ir sobreequipando nuestras centrales hidráulicas e ir a la instalación de centrales reversibles de bombeo y producción, como complemento necesario de las grandes unidades termoeléctricas.

El Plan Eléctrico Nacional prevé que en este decenio se instalen potencias importantes en centrales reversibles, estimando que en 1975 será necesario disponer de 1.500 MW en este tipo de aprovechamiento, en 1978 5.000 MW, y para 1981 7.800 MW.

Este programa de necesidades energéticas puede coordinarse perfectamente, de forma parcial, con los planes de infraestructura hidráulica que tiene planteado el país para resolver los problemas de cobertura de la demanda de agua.

Como ya se ha indicado en diversas ocasiones, España se caracteriza por disponer de unos regímenes hidrológicos francamente adversos, con una gran irregularidad en el tiempo que obliga a la construcción de embalses para transformar los torrentes en auténticos ríos, y una distribución geográfica desfavorable de los recursos frente a las demandas que precisa de grandes obras de transvase para corregir este desequilibrio hidrográfico con bombeos importantes.

Por otro lado, la franja costera del litoral cantábrico, con abundancia de precipitaciones, dada su topografía accidentada y la escasez de vasos útiles para la regulación de caudales, debido a que los lugares que físicamente permitirían esta regulación están densamente poblados e industrializados, hace que sea muy difícil económicamente regular estos recursos de forma directa, y a su solución pueden contribuir de forma sustancial los aprovechamientos reversibles.

Finalmente, teniendo en cuenta que el potencial hidroeléctrico tradicional desarrollado constituye, lógicamente, la parte más económica de nuestras posibilidades, la irrupción de la reversibilidad permitirá, sin lugar a dudas, potenciar aprovechamientos que no se habían considerado rentables a base únicamente de producción hidroeléctrica normal, así como revalorizar algunos existentes, con lo que se logrará un mayor aprovechamiento y regulación de nuestros recursos hidráulicos.

2. CORRECCION DEL DESEQUILIBRIO HIDROGRAFICO

El plan general de corrección del desequilibrio hidrográfico peninsular contempla, en una primera fase de planteamiento, el aprovechamiento de los sobrantes regulados de las cuencas del Tajo y del Ebro en el litoral mediterráneo español.

De los 5.000 Hm³/año en que se estima el posible déficit potencial a finales de siglo para estas áreas, algo más del 80 por 100 (1.000 Hm³/año del Tajo, 3.150 Hm³/año del Ebro) podrá ser suministrado con los transvases previstos. Todos los esquemas de corrección presentan, como hemos dicho, bombeos importantes, por lo que resulta factible arbitrar las soluciones precisas para que las instalaciones necesarias tengan carácter reversible y permitan, con economía para ambos sectores (usos consuntivos y producción hidroeléctrica), servir a la función múltiple de producir energía de puntas y situar a cotas convenientes el agua necesaria para su transporte a las zonas deficitarias.

Dadas las grandes longitudes de transporte que los esquemas entrañan, se proyectan para un caudal continuo con regulación en los puntos de consumo para acomodarse a la demanda, con lo que se consigue una mayor utilización de las obras de infraestructura y una

13

demanda de energía de bombeo regular a lo largo del año.

La tendencia, cada vez más acusada, a construir grandes centrales nucleares con gastos de explotación reducidos, hace cada vez más atractivas estas instalaciones reversibles, que permitirán disminuir el coste de muchas elevaciones de agua, hoy en día prohibitivas por el precio de la energía, pues a medio plazo podrán disfrutar de un coste de energía reducido por su carácter marginal.

Pese a que todavía las condiciones económicas de la energía valle en España no son todo lo favorables como podría deducirse del planteamiento anterior, los grandes esquemas de transvases hidrográficos se desarrollan y estudian con esta óptica de futuro, lo que redundará, sin lugar a dudas, en una economía importante a largo plazo.

El transvase Tajo-Segura es el primero de los esquemas de corrección del desequilibrio hidrográfico que se ha acometido. Su finalidad es proporcionar agua para el desarrollo agrícola y satisfacer las crecientes demandas para abastecimiento urbano, turístico e industrial, en una amplia zona del sureste español que tiene ya prácticamente agotados sus recursos propios. Actualmente está construido aproximadamente el 70 por 100 de la obra principal de infraestructura, y que consiste en conectar la cabecera de la cuenca del Tajo con la del río Mundo (afluente del Segura) mediante un acueducto de 241 Km de longitud, sin incluir los 45 Km de cauce natural que supone el recorrido del agua en el embalse de Alarcón ya construido. Comienza este transvase con un bombeo de 260 m de altura geométrica desde el embalse de Bolarque a la sierra de Altamira. El caudal continuo previsto es de 33 m³/seg, lo que requeriría una potencia de bombeo del orden de 100.000 kW. Después de detallados estudios por parte de la Dirección General de Obras Hidráulicas y de la empresa Unión Eléctrica, S. A., se decidió construir una instalación reversible de 203.000 kW de potencia, con una capacidad de bombeo de 66 m³/seg y de turbinación de 99 m³/seg. La toma de agua se realiza en el embalse de Bolarque, de 30 Hm³ de capacidad, que recibe las aguas reguladas de la cabecera del Tajo por el gran hiperembalse de Entrepeñas y Buendía (2.500 Hm³ de capacidad). La estación reversible, situada al pie de la presa de Bolarque, impulsa el agua a la sierra de Altomira para conducirla al embalse de La Bujeda, que tiene una capacidad de 6 Hm³. La conducción comprende dos tuberías generales de acero de 3,30 m de diámetro medio y 1.070 m de longitud, una chimenea de equilibrio de 25 m de diámetro interior y 74,50 m de altura, y una galería de presión de 13.764 m de longitud y 5,35 m de diámetro interior. La carrera máxima prevista en el embalse de La Bujeda para disponer de la capacidad útil citada es de 21,50 m (ver perfil longitudinal del aprovechamiento). Resulta claro que esta instalación (260 m de desnivel con casi 15 Km de longitud de conducción) no resultaría rentable para el fin exclusivo de producción

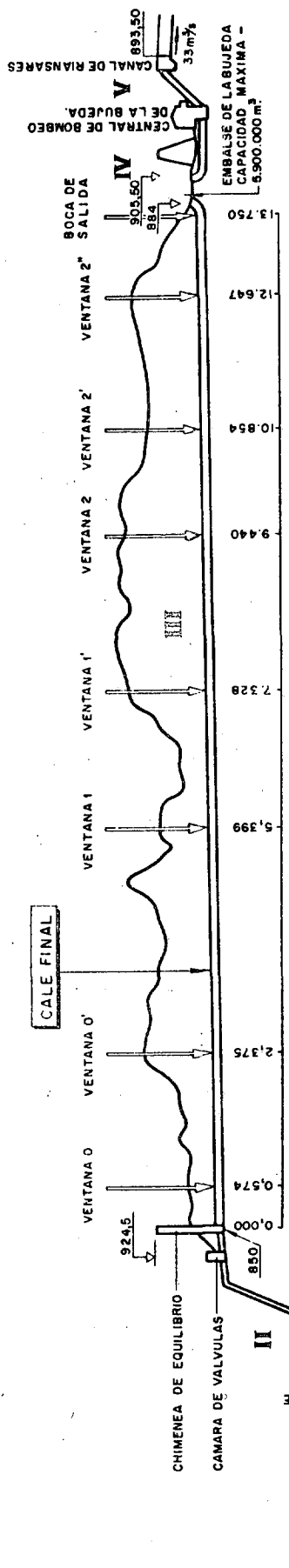
de energía de puntas, pero la importante inversión que se precisaba realizar con objeto exclusivamente de bombear el agua para el transvase, ha hecho posible que se lleve a efecto este aprovechamiento de uso múltiple a base de una financiación mixta (60 por 100 a cargo del Estado y 40 por 100 a cargo de la empresa hidroeléctrica concesionaria) con ventajas para ambas partes y, en definitiva, para el país. La gran longitud de conducción y las dificultades geológicas del embalse de La Bujeda, cuyo vaso es necesario impermeabilizar parcialmente, no han permitido establecer un esquema completo de bombeo en horas valle y regulación semanal, como hubiera sido de desear. Sin embargo, durante los primeros años de la explotación, hasta que el transvase alcance su caudal máximo de proyecto, la instalación permite una flexibilidad muy satisfactoria. Se espera que para mediados del presente año pueda entrar en explotación parcial este aprovechamiento. Circunstancias adicionales, como la proximidad de un gran centro de consumo de energía (Madrid) y la ubicación a pocos kilómetros de la primera central nuclear española (José Cabrera, de 150.000 kW), hacen todavía más atractiva esta central reversible desde el punto de vista energético.

Las tomas para la utilización de las aguas sobrantes del río Ebro en el litoral mediterráneo están previstas próximas a la desembocadura de este río en el mar. Se precisan, por tanto, importantes elevaciones para poder situar las aguas en los puntos de consumo.

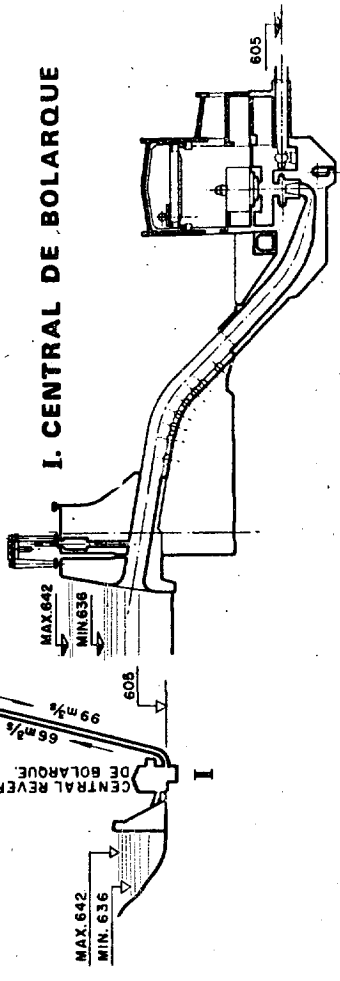
El esquema que conducirá las aguas hacia el Norte, denominado Ebro-Pirineo Oriental, permitirá resolver todos los problemas del litoral catalán desde la desembocadura del Ebro hasta Barcelona, y su demanda previsible es esencialmente doméstica e industrial (un 80 por 100 aproximadamente). Actualmente está en fase de anteproyecto y se dimensiona para un caudal de 45 m³ por segundo (unos 1.400 Hm³/año). La longitud del transporte hasta situar las aguas en la cuenca del río Llobregat, próximo a Barcelona, es de unos 200 Km.

La existencia de una cámara de regulación de unos 10-15 Hm³ a 1 Km del río Ebro, y con un desnivel de unos 250 m, ha aconsejado tantear un bombeo reversible de unos 450.000 kW de potencia, con una capacidad en bombeo de 160 m³/seg y de turbinación de unos 200 m³/seg. Con esta instalación será posible bombear en horas valle todo el volumen necesario para el transvase y producción de energía de puntas a base de regulación semanal.

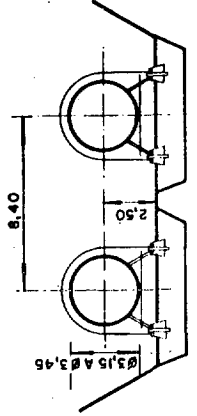
Para derivar las aguas que desde el río Ebro hayan de ser conducidas para el Sur, se han previsto dos esquemas, uno de realización a corto plazo, que resolverá los problemas de la demanda de agua entre el Ebro y Sagunto, denominado Ebro-Mijares, y otro a plazo más dilatado, que combinado con los recursos propios de la zona de Valencia permitirá que su influencia llegue hasta el Sureste donde próximamente llegarán las aguas del Tajo, sirviendo así de complemento final para satisfacer las demandas de esta zona, por lo que recibe el nombre de Ebro-Júcar-Segura.



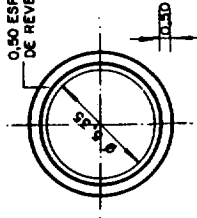
I. CENTRAL DE BOLARQUE



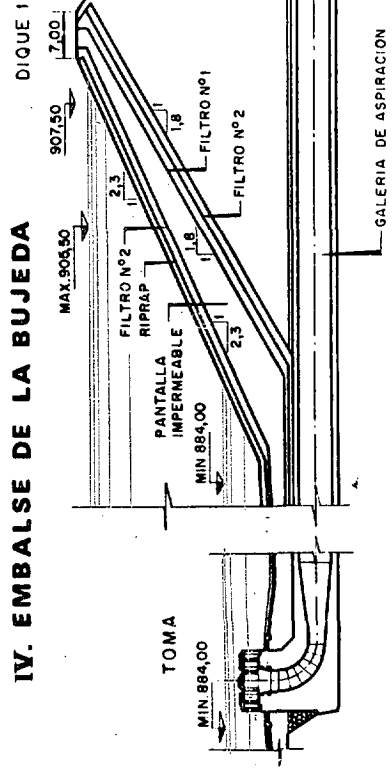
II. TUBERIAS



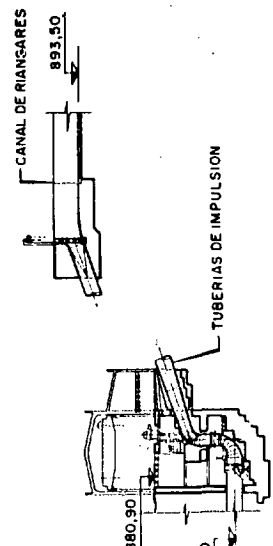
III. GALERIA



IV. EMBALSE DE LA BUJEDA



V. CENTRAL DE BOMBEO DE LA BUJEDA



Tramo I. Elevación, galería de presión embalse de La Bujeda.

— El esquema Ebro-Mijares, proyectado para una demanda de 19 m³/seg (unos 600 Hm³/año), toma el agua en el mismo tramo del río que el Ebro-Pirineo Oriental, y se prevé un bombeo en origen de unos 150 m de altura geométrica, consiguiéndose con ello que el agua pueda llegar sin bombeo posterior hasta la zona de Sagunto, donde está en construcción la IV Siderúrgica Integral, después de un recorrido de unos 220 Km. Se prevé que un 40 por 100 del volumen de agua a transvasar sea para abastecimientos domésticos e industriales y un 60 por 100 para usos agrícolas. Se proyecta en origen un bombeo también reversible de 150.000 kW de potencia con una conducción de unos 4 Km de longitud y embalse de unos 8,5 Hm³ de capacidad. El caudal de bombeo es de unos 85 m³/seg y el de turbinación unos 120 m³/seg.

El esquema Ebro-Júcar-Segura, en fase más preliminar de estudio, requerirá situar el agua en origen a la cota 250 aproximadamente, existiendo a unos 7 Km de la toma (en la misma zona que el Ebro-Mijares) capacidad de embalse para situar la cámara de regulación. La capacidad de transporte será de unos 37 m³/seg (1.150 Hm³/año) y, si se proyecta de forma similar al Ebro-Pirineo, permitirá una potencia reversible del orden de unos 350.000 kW.

En su conjunto puede observarse que la corrección del desequilibrio hidrográfico permitirá instalar una potencia total reversible del orden de 1.150.000 kW. De este total, los 200.000 kW del transvase Tajo-Segura entrarán en servicio antes de 1975, lo que representa más del 13 por 100 de la potencia de este tipo prevista en el Plan Eléctrico Nacional para dicho año.

Los esquemas Ebro-Pirineo y Ebro-Mijares, con un total de 600.000 kW, está previsto que entren en servicio a finales de la presente década, por lo que totalizarán con el Tajo-Segura unos 800.000 kW, que representa algo más del 10 por 100 de la potencia reversible que se prevé necesaria para 1981.

En consecuencia, la contribución de la corrección del desequilibrio hidrográfico peninsular a la cobertura de puntas del mercado eléctrico nacional no resulta, ni mucho menos, desdeñable, y el camino emprendido en este sentido con el transvase Tajo-Segura se perfila del máximo interés, haciendo realidad esta moderna forma de aprovechamiento múltiple que de nuevo viene a hermanar el desarrollo de los recursos hidráulicos con el sector energético.

3. LA REGULACION DE CAUDALES

Desde hace algunos años se viene empleando en España la técnica de la reversibilidad para regulación de caudales y garantía de potencia, en algunos aprovechamientos, cuya finalidad es energética preferentemente.

Uno de los primeros ejemplos de importancia lo encontramos en el salto de Puente Bibey, de 362 m de desnivel bruto y 328.800 kW de potencia, cuyo cuarto grupo (unos 82.000 kW) se equipó con equipo binario turbina-bomba, para poder elevar aguas al embalse de

Bao, cabecera del aprovechamiento, de 218 Hm³ de capacidad.

En el río Tajo se construyó durante el pasado decenio el sistema Valdecañas-Torrejón, que permite situar por bombeo aguas del río Tiétar en el embalse de Valdecañas (1.500 Hm³ de capacidad), siendo reversibles los grupos de esta central de 225.000 kW de potencia, con una altura de salto de unos 75 m.

Recientemente se ha puesto en servicio el salto de Villarino, con 540.000 kW de potencia, cuyas turbinas reversibles impulsan al embalse de Almendra sobre el río Tormes (2.475 Hm³ de capacidad) aguas del río Duero, remontando una altura de 420 m por la galería de carga de 15 Km con un caudal de 146 m³/seg. Este aprovechamiento tiene una importancia extraordinaria en la regulación energética de la producción del sistema Duero, y su explotación, prevista a base de desembalses fuertes en período estival para garantizar la potencia y energía de los saltos agua abajo y reversibilidad en período de aguas altas para almacenamiento de las aguas sobrantes del Duero y conservación de la potencia del propio salto de Villarino, permite una importante regularización del régimen del río Duero, agua abajo de la confluencia con el Tormes, aunque de esta regulación contemplada desde la vertiente de usos consuntivos se beneficie por el momento exclusivamente Portugal, ya que estos aprovechamientos son los últimos escalones del Duero internacional.

Otra obra hidráulica de extraordinaria importancia ha dado ya comienzo en el río Conso, donde el gran embalse de Las Portas (473 Hm³ de capacidad) podrá acumular aguas bombeadas desde el embalse de Bao, antes citado, a través de una instalación reversible de 230 m de desnivel y 228.000 kW de potencia.

Estos sistemas, que permiten garantizar la potencia de un grupo de saltos, sin perjuicio del salto propio del aprovechamiento, puede extenderse a los aprovechamientos energéticos de los embalses destinados a riegos preferentemente, cuyos desembalses principales se efectuarán en época estival y se reducen en la época en que la demanda energética es mayor, si el sistema de regulación no dispone de un contraembalse general de regulación anual en cabecera de riegos que permita coordinar de forma adecuada la explotación energética con las necesidades de regadío. La instalación de centrales reversibles, siempre que sea posible técnica y económicamente, permitirá garantizar la potencia instalada en época invernal y producir energía sin gastos de bombeo en época estival. Los aprovechamientos energéticos de este tipo que todavía faltan por construir se estudian actualmente con este criterio. En muchos embalses importantes construidos en zonas escasas de recursos y donde la producción de energía, tanto por su cantidad como por su calidad, no justificaría económicamente la construcción de una central hidroeléctrica de tipo tradicional, podrán realizarse aprovechamientos energéticos reversibles que permitan no sólo disponer de la potencia de bombeo que el país precisa para

cubrir la demanda del mercado, sino recibir el beneficio adicional que supone la turbinación de los caudales regulados. En algunos casos, como en la cuenca del Guadalquivir, por ejemplo, en que la regulación de los caudales se consigue principalmente mediante embalses construidos en los afluentes, por dificultades económicas de realizarla en el río principal, estas instalaciones reversibles permitirán incrementar el volumen regulado mediante bombeos estacionales, de forma análoga a como se hace en el salto de Villarino.

Por último, merece especial mención la problemática hidráulica de la estrecha franja litoral del norte del país, entre la cordillera Cantábrica y el mar. Los regímenes hidráulicos de estos ríos son mucho más regulares que en el resto de España, y con capacidades de regulación moderadas sería posible el aprovechamiento de gran parte de sus recursos. Sin embargo, debido a su clima templado, es un área de gran concentración demográfica, donde el desarrollo industrial ha alcanzado cotas muy elevadas. La accidentada topografía ha obligado a ocupar los valles de cierta amplitud con profusión de pueblos, industrias, vías de comunicación, etc., que hacen hoy prácticamente imposible la construcción de embalses reguladores en los sitios idóneos topográficamente, por la riqueza que destruirían. Como ejemplo claro podemos citar la zona de Bilbao, donde desemboca el río Nervión que tiene una aportación media anual de más de 1.100 Hm³. Pues bien, para resolver los problemas de abastecimiento a largo plazo (unos 270 Hm³/año) ha sido necesario establecer un transvase desde la cuenca del Ebro, ya que las posibilidades de regulación de recursos propios estaban prácticamente agotadas, y el transvase con su doble vertiente de utilización (aprovechamiento hidroeléctrico y abastecimiento de agua) resulta la solución más económica.

Sin embargo, a largo plazo es preciso ver la forma de aprovechar más intensivamente los recursos propios, de cuantía importante. Dadas las fuertes pendientes que tienen los ríos de esta zona en su cabecera, resulta propicia para la instalación de centrales de bombeo puro y producción en ciclo cerrado con grandes desniveles y corta longitud de conducciones. Conjugando estas instalaciones con transvases entre la vertiente cantábrica y la meseta castellana o cabecera de la cuenca del Ebro, es posible en épocas de aguas altas transferir caudales del Norte a estas cuencas, donde resulta fácil su almacenamiento, y devolverlos en época de estiaje en la cuantía que se precise para abastecer la demanda.

Una instalación de este tipo va a iniciarse en fecha próxima en la cuenca del río Besaya (provincia de Santander) para poder atender la creciente demanda doméstica e industrial de este valle. En un principio, y de forma análoga a como se ha resuelto el abastecimiento de Bilbao, se planteó un transvase desde el embalse del Ebro a la cuenca del Besaya que permitía incrementar las disponibilidades actuales, estimadas en un 16 por 100 de los recursos naturales medios, hasta un 28 por 100 con sólo detraer un 2 por 100 de dichos recursos medios

a la cuenca del Ebro. Planteada por una empresa hidroeléctrica la solicitud de concesión de una instalación reversible en este río, que con 430 m de desnivel puede llegar a disponer de 1.000.000 de kW instalados, se ha estudiado su engarce con el transvase propuesto, de forma que, sin detraer ningún volumen de agua del embalse del Ebro, y solamente utilizándolo como depósito de acumulación interanual de las aguas del Besaya, puede llegarse a regular entre un 60-70 por 100 de los caudales naturales medios sin más que acondicionar el transvase Ebro-Besaya para que pueda funcionar en los dos sentidos.

Esta técnica combinada de regulación por bombeo y transvase entre cuencas puede hoy aplicarse de forma económica gracias a las instalaciones reversibles, y ofrece amplias posibilidades para resolver los problemas futuros de la vertiente cantábrica, sin tener que acudir a la detración de caudales de las cuencas del Duero y Ebro, que cada vez resultan más difíciles debido a la escasez progresiva del agua.

4. CONSIDERACIONES FINALES

La reversibilidad, apoyada siempre en embalses artificiales que normalmente tienen el carácter de grandes presas, es una técnica que cada vez va adquiriendo mayor pujanza como lógica consecuencia del aumento del nivel de vida y crecimiento de las demandas energéticas. Esta circunstancia, que de por sí sola obliga a su desarrollo, abre amplias posibilidades para poder combinar los aprovechamientos reversibles con la utilización integral de los recursos hidráulicos que se vislumbra necesaria a plazo más o menos largo.

Las instalaciones reversibles pueden integrarse en los grandes esquemas de transvases hidrográficos, que normalmente requieren bombeos importantes, abaratando tanto los costes de inversión atribuibles a cada uso, como los gastos de explotación al utilizar energía marginal de bajo coste.

Asimismo, gracias a la reversibilidad pueden aprovecharse de forma más racional los recursos potenciales hidroeléctricos, haciendo desaparecer las incompatibilidades de explotación que normalmente suelen presentarse entre los usos consuntivos del agua y la demanda energética.

La reversibilidad permite aumentar la regulación de los ríos, incrementando la utilización de grandes embalses al incorporarles recursos que no podrían ser controlados por ellos de forma natural.

En el norte de España, la reversibilidad combinada con transvases entre cuencas en ambos sentidos permitirá incrementar de forma sustancial la utilización de sus recursos propios, que hoy se pierden en el mar sin beneficio alguno.

A la vista de estas consideraciones, no cabe duda que los aprovechamientos reversibles se perfilan como elementos de gran importancia en la planificación hidráulica futura.