



APORTACIÓN DE AGUA A LA CABECERA DEL TAJO
CONDUCCIÓN DUERO - TAJO

ENERO-2012

ESTUDIO PRELIMINAR
DOCUMENTO DE SÍNTESIS

APORTACIÓN DE AGUA A LA CABECERA DEL TAJO

INDICE

- Antecedentes
- Selección del origen de la transferencia
- Metodología empleada
- Solución propuesta
- Simulación de caudales detraídos
- Calidad de las aguas
- Valoración de las obras
- Balance energético
- Coste del agua en destino
- Conclusión

ANTECEDENTES

En el centro de la península Ibérica, a más de 700 metros de altitud sobre el nivel del mar, los embalses de la cabecera del río Tajo, los del canal de Isabel II y el embalse del Burguillo, en el río Alberche, constituyen una infraestructura hidráulica de 3.600 hm³ de capacidad de almacenamiento de agua, de la que dependen más de 9 millones de habitantes, 200.000 ha de regadío de alta productividad y el agua necesaria para la actividad económica de cuatro comunidades autónomas.

Con el paso de los años las demandas de todos los servicios que dependen de dichos embalses (1.920 hm³) casi se han igualado a sus aportaciones medias (alrededor de 2.100 hm³/año). Este hecho hace inviable en las condiciones actuales el mantenimiento (mucho menos el crecimiento) de las demandas, contando solo con las aportaciones naturales de los ríos afectados y sus embalses de regulación hiperanual (por el frecuente fenómeno de la sequía).

Ante este problema, y para no renunciar al desarrollo de la población y de sus actividades económicas, se propone como alternativa aumentar las aportaciones a dichos embalses (de gran capacidad, pero que se mantienen en niveles bajos los últimos años) con aguas procedentes de ríos con proximidad geográfica y con abundancia de caudales fluyentes en gran parte del año (pero que no cuentan con grandes embalses de regulación).

Por consiguiente, se estima necesario abrir un nuevo camino que permita transferencias de agua entre cuencas, que se adapten a la necesidad hidrológica existente en el momento en que se realicen, y con la menor afección posible a las condiciones de la cuenca cedente.

En este sentido, se plantea la captación de caudales relativamente reducidos en tramos de río sin embalses (o con pequeñas obras de retención) y solo durante los meses de mayor esorrentía de la cuenca, de forma que se garantice en todo momento el mantenimiento del caudal ecológico aguas abajo de la captación y todas las demandas del tramo. Esto supone un sobrecoste de la infraestructura de transporte de agua, que ha de dimensionarse para funcionar solo algunos meses al año.

En concreto se han estudiado las posibilidades que ofrece la cuenca del río Duero, con una aportación media de más de 12.000 hm³/año. En cabecera dispone de cinco embalses de cierta importancia en el Pisuerga, en el Arlanza-Arlanzón y en el Alto Duero, que suman la capacidad total de 650 hm³.

El vigente Plan Hidrológico de la cuenca del Duero (1998) tiene prevista en su tramo alto la construcción del embalse de Velacha, de 340 hm³ de capacidad, por necesidades propias de regulación, y la propuesta de Plan Hidrológico del Duero (2010) recoge en su Programa de medidas la construcción del embalse de Castrovido (111 hm³) en el río Arlanzón.

El proyecto propone tomar agua de la cuenca del río Duero para almacenarla en la cabecera del río Tajo. Para evitar un impacto ambiental negativo, se deberán prever detracciones de agua solo en épocas lluviosas, en las que el caudal en los puntos de toma lo permita. La finalidad de la transferencia es almacenar dichas aguas en embalses de regulación, capaces de guardar durante años grandes volúmenes para suministrarlos de forma regular a lo largo del tiempo, lo que permite que sea variable el volumen anual transferido.

APORTACION DE AGUAS A LA CABECERA DEL TAJO

CONDUCCION DUERO - TAJO
SITUACION

DUERO-TAJO

TAJO - SEGURA



SELECCIÓN DEL ORIGEN DE LA TRANSFERENCIA

El Plan Hidrológico Nacional 2.001, en su documento *Análisis de los Sistemas Hidráulicos* y refiriéndose al Alto Duero, menciona la posibilidad de considerar “una cierta capacidad de almacenamiento en la toma y derivar los sobrantes que sean posibles en cada momento, encomendando la regulación de estas derivaciones a los lugares de tránsito o destino fuera del sistema cedente”, en referencia expresa a los embalses Gormaz y Velacha, de regulación de la toma, y de los embalses Entrepeñas y Buendía, de recepción en destino.

En dicho análisis se estudiaba la posibilidad de captar aguas del río Duero en Gormaz (cota 860 metros) para su transferencia a la cabecera del río Tajo (Entrepeñas cota 756 metros) a una distancia de 149 km. El volumen a transferir ascendía a 150 hm³/año, y se incluía la construcción del embalse de Velacha (340 hm³ de capacidad) y un dique de contención en el estrecho de Gormaz, ambos en el río Duero. La aportación media del Duero en este punto asciende a 435 hm³/año.

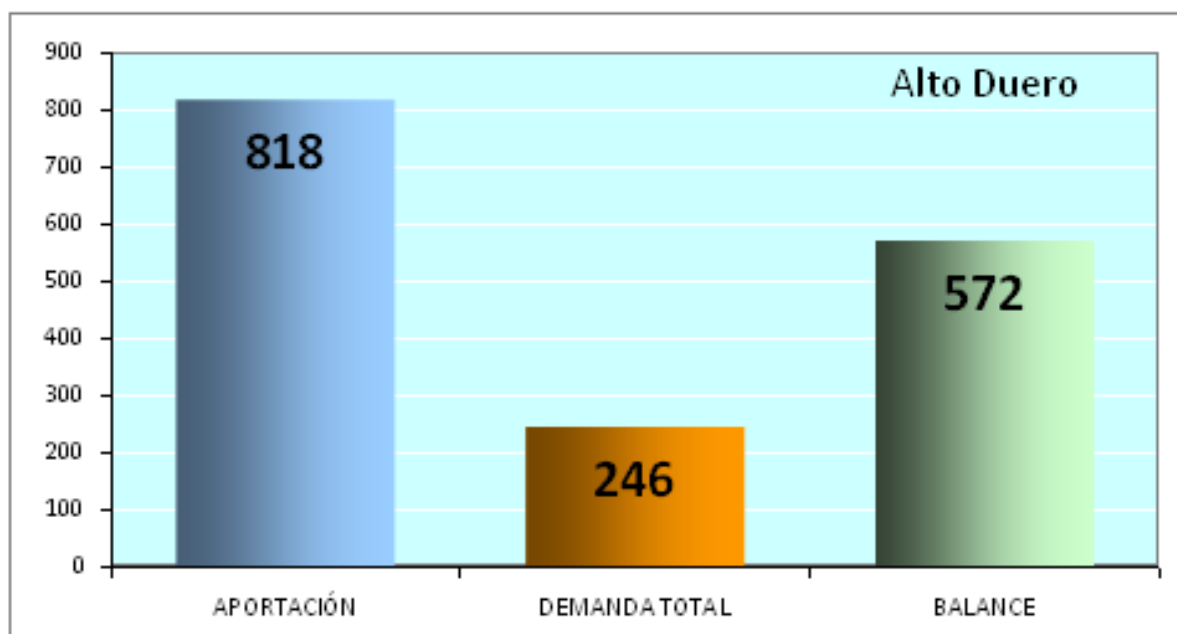
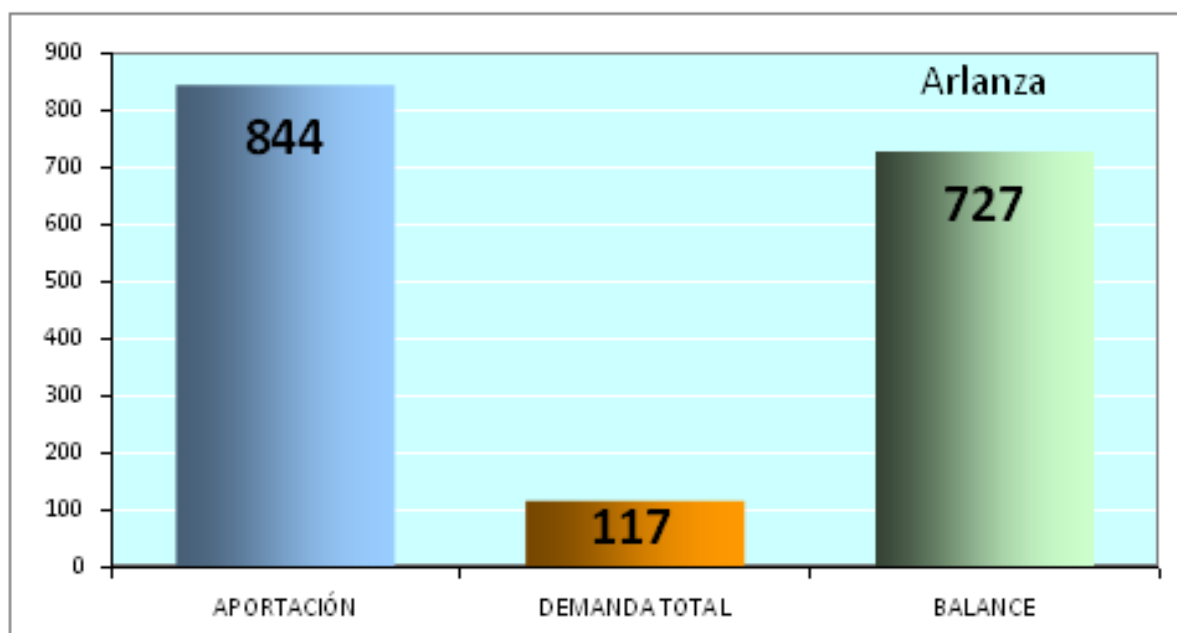
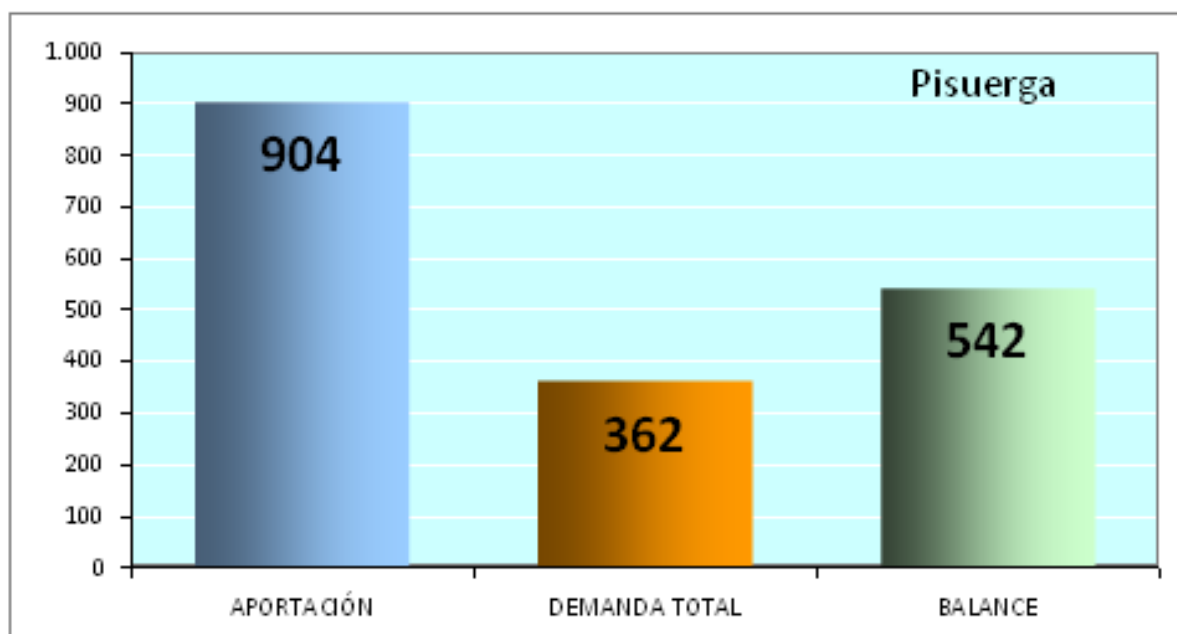
Para completar esta solución parcial, se ha estudiado la posible conexión del río Pisuerga en Torquemada con el Duero en Gormaz, a una distancia de 185 km. Se ha elegido este río y esta zona por ser el más próximo con una aportación media superior a 1.200 hm³/año y a cota suficiente para no exigir excesivas elevaciones.

El balance Recursos-Demandas de los Sistemas de Explotación Pisuerga, Arlanza y Alto Duero ofrece volúmenes disponibles que justifican la selección de los puntos de toma.

La conducción completa partiría de Torquemada (750 metros) para llegar al Alto Duero en Gormaz y, desde aquí, junto con las del río Duero, entregar las aguas en Entrepeñas (756 metros).

SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN PISUERGA, ARLANZA Y ALTO DUERO.

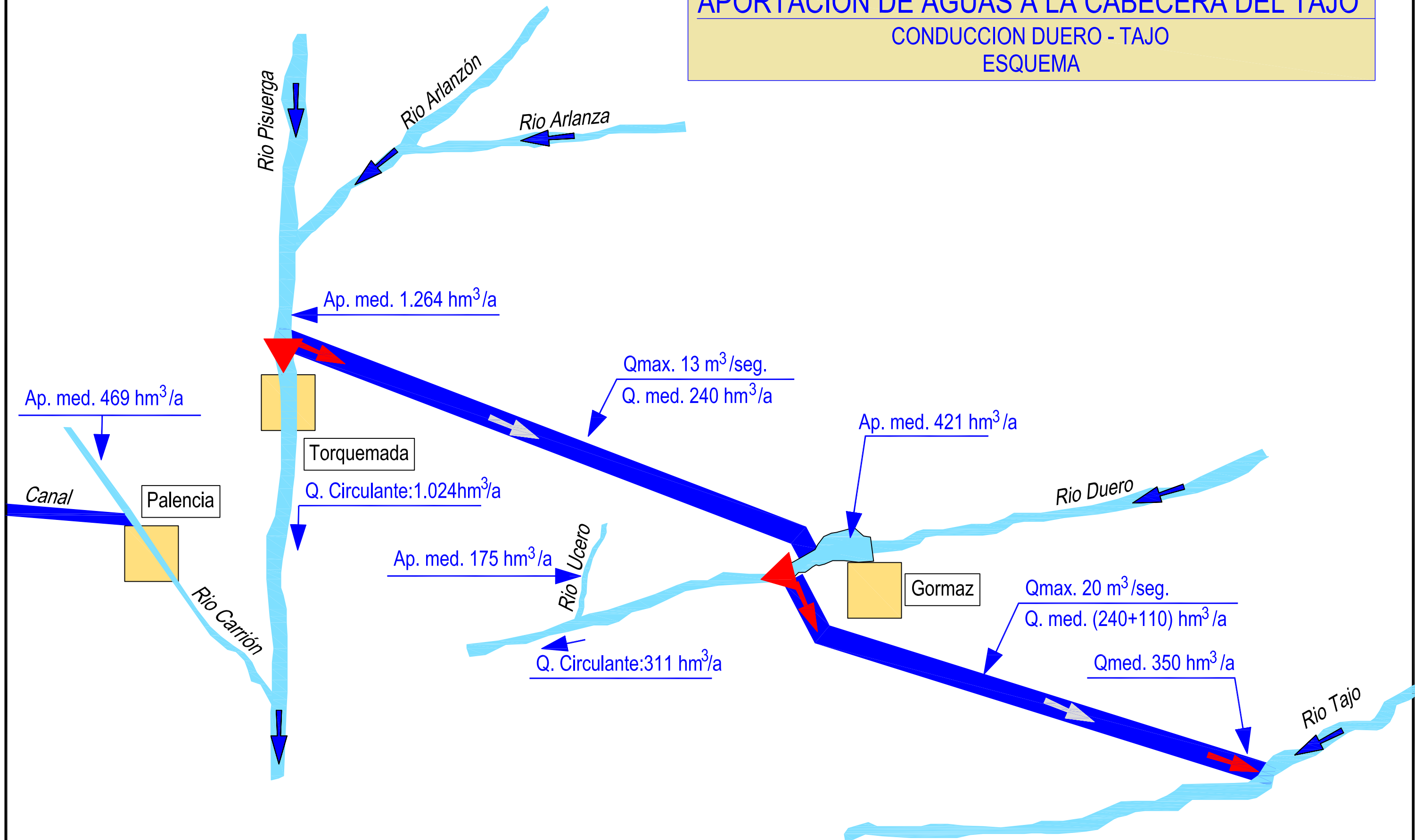
BALANCE RECURSOS DEMANDAS (hm³/año)



APORTACION DE AGUAS A LA CABECERA DEL TAJO

CONDUCCION DUERO - TAJO

ESQUEMA



Ap. med. : APORTACION MEDIA hm³/año
 Qmax. : CAUDAL MAXIMO m³/seg.
 Qmed. : CAUDAL MEDIO m³/seg.

METODOLOGIA EMPLEADA

Toda la información relacionada con las condiciones y características hidrológicas y de usos y demandas del agua de la Cuenca del Duero, se ha obtenido de la propuesta de Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Duero (Año 2010). Del Plan Hidrológico Nacional (Año 2001) se han obtenido los condicionantes y trazados del tramo Gormaz-Entrepeñas. De la cartografía a Escala 1:25.000 del Instituto Geográfico Nacional, en versión digital, se han obtenido los datos de topografía básica necesaria para el encaje del trazado de la conducción y del emplazamiento de los distintos elementos singulares de la conducción: embalses, azudes, elevaciones, acueductos, sifones, saltos de agua, túneles y otros elementos necesarios. De la fotografía digital de satélite se ha obtenido la visión del uso a que está destinado el territorio afectado.

La conducción proyectada ha tenido en cuenta en todo momento la mejor adaptación al medio, sin afectar ningún territorio declarado de especial protección medioambiental, para reducir al máximo el posible impacto ambiental de las obras. Por ello se ha elegido una solución en conducción cerrada de hormigón armado, con diámetros no muy grandes de forma que la fabricación, transporte y montaje de los mismos sea sencilla, rápida y económica. Este tipo de elementos está muy experimentado y tiene en el mercado piezas especiales prefabricadas para cualquier solución que se necesite. Además, admite el discurrir de las aguas en su interior por gravedad, bien en lámina libre o en carga para pequeñas presiones, lo que da una gran flexibilidad al perfil longitudinal del trazado de la conducción. Por supuesto, en las grandes depresiones del terreno como cruces de ríos ha sido necesario recurrir a sifones y acueductos con tuberías de acero al carbono al tener que soportar presiones importantes, al igual que con las tuberías de impulsiones y de saltos de agua.

La obra estará compuesta por azudes de derivación, tramos de conducción cerrada con funcionamiento en lámina libre (por gravedad), sifones-acueductos en cruce de cauces de ríos, túneles revestidos de dovelas de hormigón, estaciones elevadoras que disponen de embalse en la toma y embalse en la entrega de similar capacidad, tuberías de impulsión (tres líneas en paralelo), central eléctrica de aprovechamiento energético del salto del río Tajo (dispondrá de embalse aguas arriba, y tres tuberías metálicas en paralelo, edificio de instalación de turbina y cuenco amortiguador a la entrega de las aguas al río). Además, en el estrecho de Gormaz se ejecutará un dique a cota de coronación 885 metros.

Los embalses necesarios de pequeña capacidad se construirán por medio de excavaciones y terraplenado del terreno formando diques de materiales sueltos y revestidos de lámina impermeable. El dique de Gormaz y el azud de Torquemada serán de hormigón en masa (construcciones tradicionales de obras hidráulicas).

Las fórmulas clásicas de la hidráulica son las empleadas para la obtención de la pérdida de carga y dimensionado de las conducciones y de sus elementos principales.

La selección de diámetros comerciales de las tuberías supone ejecutar una doble conducción en paralelo, que ofrece más facilidad de mantenimiento y explotación.

Por último los grupos de elevación y turbinación se valoran y definen con las características dadas por las casas comerciales con experiencia en obras similares. La automatización y electrificación de las instalaciones se ha valorado con la función de telemandar las operaciones a través de un programa informático.

APORTACION DE AGUAS A LA CABECERA DEL TAJO

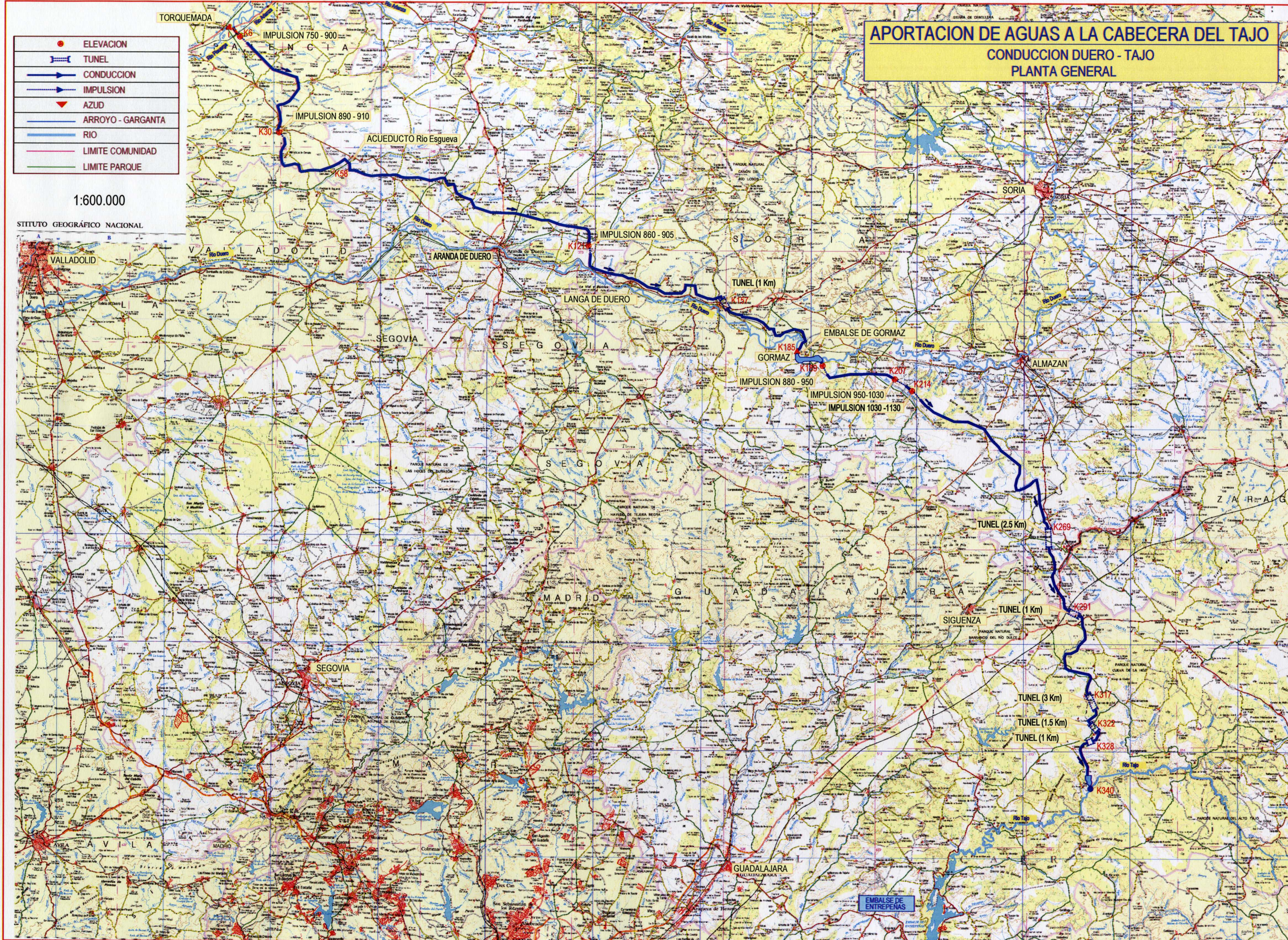
CONDUCCION DUERO - TAJO

PLANTA GENERAL

- ELEVACION
- TUNEL
- CONDUCCION
- IMPULSION
- AZUD
- ARROYO - GARGANTA
- RIO
- LIMITE COMUNIDAD
- LIMITE PARQUE

1:600.000

STITUTO GEOGRAFICO NACIONAL

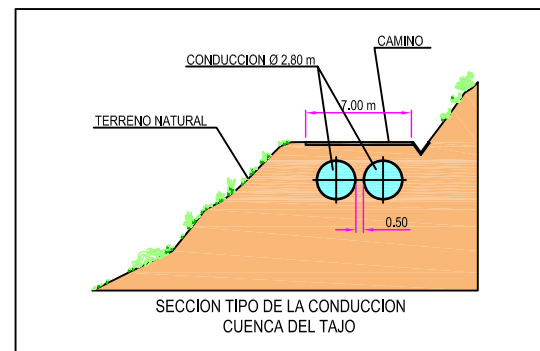
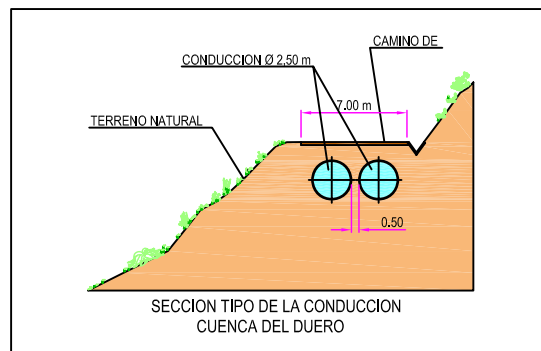
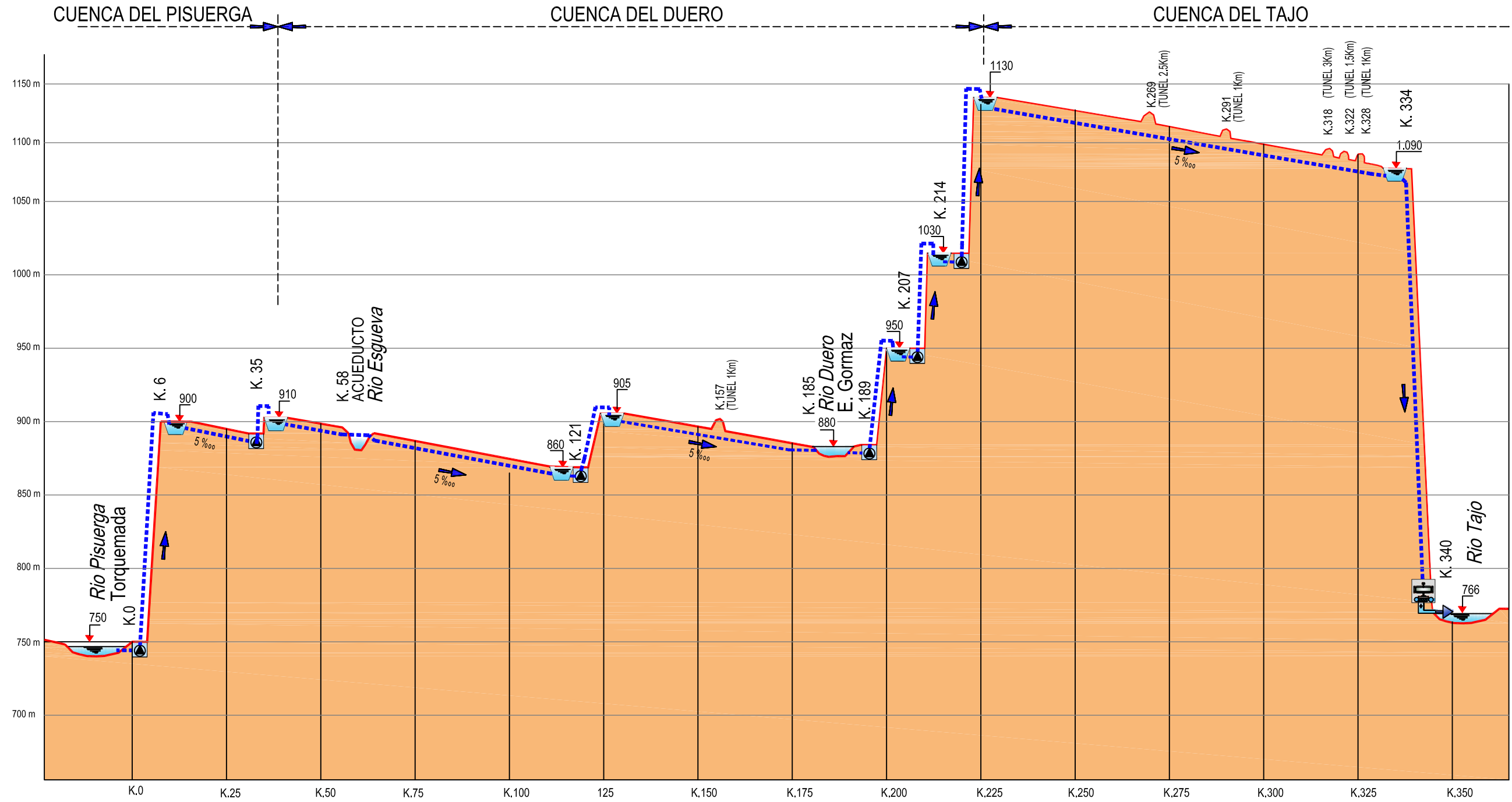


APORTACION DE AGUAS A LA CABECERA DEL TAJO

CONDUCCION DUERO - TAJO PERFIL LONGITUDINAL

OBRA DE TOMA	ALTIMETRIA (m)	LONGITUD (km)	CAUDAL MEDIO (hm ³ /año)	ALTURA GEOMETRICA (m)	ALTURA TURBINADA (m)
Rio Pisuerga Torquemada	750	340	240	510	330
Rio Duero Gormaz	860	155	110	290	330
TOTAL		340 km	350 hm ³ /año	441 m (*)	330 m

(*) MEDIA PONDERADA



SOLUCIÓN PROPUESTA

TRAMO I : PISUERGA-DUERO

La conducción comienza en el río Pisuerga, aguas abajo de la desembocadura del río Arlanza en las proximidades del núcleo urbano de Torquemada. Se realizará un azud de derivación en el río a la cota de coronación 750 metros; de aquí partirá la conducción que consistirá en dos tuberías de hormigón armado de 2,50 metros de diámetro alojadas en zanja y con un camino de servicio construido sobre el relleno de la zanja. La pendiente de todo el trazado es de 5 por diez mil, capaz de transportar $13,33 \text{ m}^3/\text{s}$, excepto en túneles, sifones y acueductos que será variable. En el kilómetro 6 de la conducción se instalará una estación elevadora que constará de embalse de toma de $0,68 \text{ hm}^3$ de capacidad (14 horas de caudal máximo) y tres tuberías de acero al carbono de 2,50 metros de diámetro y embalse de entrega en la parte alta, de igual capacidad.

Los grupos de elevación serán capaces de elevar $32 \text{ m}^3/\text{seg}$ hasta la cota 900 metros; desde la parte alta continuará la doble conducción hasta el kilómetro 30, en donde se instalará una segunda elevación de las mismas características que la antes descrita, que elevará las aguas hasta la cota 910 metros. Desde aquí continuará la doble conducción hasta el kilómetro 58, en donde se cruzará el río Esgueva mediante un sifón invertido, construido con doble tubería de acero apoyada sobre pilas de hormigón armado. Continuará la conducción hasta el kilómetro 121, en donde se instalará la tercera impulsión igual que las anteriores, y elevará las aguas a la cota 905 metros para continuar su trazado con intercalación de pequeños sifones para el cruce de algunos ríos, hasta el kilómetro 157, en donde es necesaria la construcción de un tunel de 1 km de longitud y 4,00 metros de diámetro interior. Termina este primer tramo en el kilómetro 185, con el vertido de las aguas al río Duero en el estrecho de Gormaz.

TRAMO II : DUERO-TAJO

En el estrecho de Gormaz se construirá un dique de cota de coronación 885 metros, que no inundará viviendas próximas al río. Desde el embalse se construirá una toma para un caudal de elevación de $48 \text{ m}^3/\text{seg}$ y formada por tres tuberías de acero de 2,8 metros de diámetro y un embalse en la parte alta de 1 hm^3 de capacidad, a cota 950 metros, que descargará en una elevación en el kilómetro 189. Desde aquí continuará la doble conducción en hormigón armado, de 2,8 metros de diámetro, con pendiente de 5 por diez mil y capaz de transportar $20 \text{ m}^3/\text{seg}$. En el kilómetro 207 se instalará una elevación que

finaliza en la cota 1.030 metros, sin embalse en la parte alta que se sustituye por una triple tubería de hormigón armado de 2,8 metros de diámetro hasta el kilómetro 214. Aquí se instalará otra elevación sin embalse, que culminará en uno de 1 hm³ de capacidad a la cota 1.130 metros (parte alta de la elevación).

El tramo siguiente discurre por la zona más elevada del trazado, que corresponde al puerto de la Baraona. La doble conducción de hormigón armado de 2,8 metros de diámetro atravesará en su trazado cinco túneles de 4,50 metros de diámetro en los kilómetros 269 (túnel de 2,5 km de longitud), 317 (túnel de 3 km de longitud), 322 (túnel de 1,5 km de longitud) y 328 (túnel de 1 km de longitud).

La obra finalizará en el km 340 con la construcción de un aprovechamiento energético compuesto por 3 tuberías de acero de 2,8 metros de diámetro capaces para un caudal de 70 m³/seg, central eléctrica de aprovechamiento energético del río Tajo (dispondrá de embalse de 2 hm³, aguas arriba, edificio de instalación de central eléctrica y cuenco amortiguador a la entrega de la aguas al río). Tendrá una longitud total de 334 km y transportará un caudal medio anual de 350 hm³, aunque está dimensionada para un caudal máximo de 600 hm³/año).

SIMULACIÓN DE CAUDALES DETRAIDOS

Se ha realizado una aplicación para conocer la potencialidad de los posibles trasvases futuros en dos puntos de toma, río Pisuegra en Torquemada y río Duero en Gormaz. En la simulación se ha impuesto, como limitación previa a cualquier detracción, el mantenimiento en el cauce del caudal mínimo previsto en la propuesta de Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Duero (Año 2010), que se concreta en una media anual de 9,73 m³/seg (323 hm³/año) aguas abajo de Torquemada y de 3,48 m³/seg (110 hm³/año) aguas abajo de Gormaz.

Los parámetros establecidos en la aplicación son: caudal circulante en el punto de toma según datos de la Red Oficial de Estaciones de Aforo, caudal mínimo en el cauce para garantizar el caudal ecológico y las demandas del sistema y, por último, caudal máximo de derivación en las tomas.

La serie temporal utilizada es la denominada serie corta 1980-2005, impuesta por la Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH) en su apartado 3.5.3. *Asignación y reserva de recursos*, y extendida para este proyecto al año 2008/2009. Las características de la serie de aportaciones son las siguientes:

Aportación en los puntos de toma en hm ³ /año (Período 1980/81-2008/2009)			
Punto de toma	Máxima	Mínima	Media
Torquemada	3.878 (Año 2000/01)	477 (Año 2001/02)	1.264
Gormaz	798 (Año 1987/88)	172 (Año 2001/02)	421

El volumen medio interanual trasvasable asciende a 353 hm³/año.

Resultados de la simulación (Período 1980/81-2008/2009)					
Punto de toma	Q (m ³ /s)		V. trasvasable (hm ³)		V (hm ³ /año) aguas abajo de la toma
	Mínimo en cauce	Máximo en toma	Máximo anual	Medio período	
Torquemada	9,73	13,33	400	239	1.025
Gormaz	3,48	6,66	200	114	307

Asimismo, se ha realizado idéntica simulación con los últimos diez años (1999/00-2008/09) de registros de aforos disponibles para ambos puntos de toma, y el volumen medio trasvasable asciende a 343 hm³/año.

Resultados de la simulación (Período 1999/00-2008/2009)

Punto de toma	Q (m ³ /s)		V. trasvasable (hm ³)		V (hm ³ /año) aguas abajo de la toma
	Mínimo en cauce	Máximo en toma	Máximo anual	Medio del período	
Torquemada	9,73	13,33	400	243	1.021
Gormaz	3,48	6,66	200	100	321

En síntesis, la simulación ofrece los siguientes resultados:

AÑO TIPO	V máximo a detraer (hm ³ /año)			V circulante tras la toma (hm ³ /año)	
	Torquemada	Gormaz	TOTAL	Torquemada	Gormaz
Seco	147	41	188	330	131
Medio	243	100	343	1.192	283
Húmedo	275	124	399	3.603	633

Resulta evidente que, aún sin infraestructuras específicas de retención y tan sólo con pequeños azudes de toma, pueden obtenerse en conjunto hasta 400 hm³/año en años húmedos. La disposición de embalses como el previsto de Velacha permitiría aumentar estas cifras.

El volumen circulante aguas abajo de los puntos de toma, una vez realizada la detracción para el trasvase, ofrece valores significativos que aseguran la satisfacción de las demandas dependientes de ese tramo de río.

CALIDAD DE LAS AGUAS

La calidad del agua en los puntos de toma previstos se controla periódicamente por Confederación Hidrográfica del Duero mediante las diferentes redes que mantiene activas en todos los cursos de la cuenca, integradas en la nueva Red Integrada de Calidad de las Aguas (ICA).

Las estaciones 007 (San Esteban de Gormaz) y A19 (Almazán), situadas respectivamente aguas abajo y aguas arriba del punto de toma en el Alto Duero (Gormaz), están integradas en la red de control de calidad prepotable y ambas presentan un índice de calidad general (ICG) entre 90 y 80 (Calidad Buena) y una categoría prepotable A2.

Las estaciones 029 (Cordovilla la Real, en el río Pisuerga) y 036 (Quintana del Puente, en el río Arlanza), ambas aguas arriba del punto de toma en el Pisuerga (Torquemada), ofrecen unos ICG Excelente y Bueno, respectivamente, y unas categorías prepotable A1 y A2.

VALORACIÓN DE LAS OBRAS

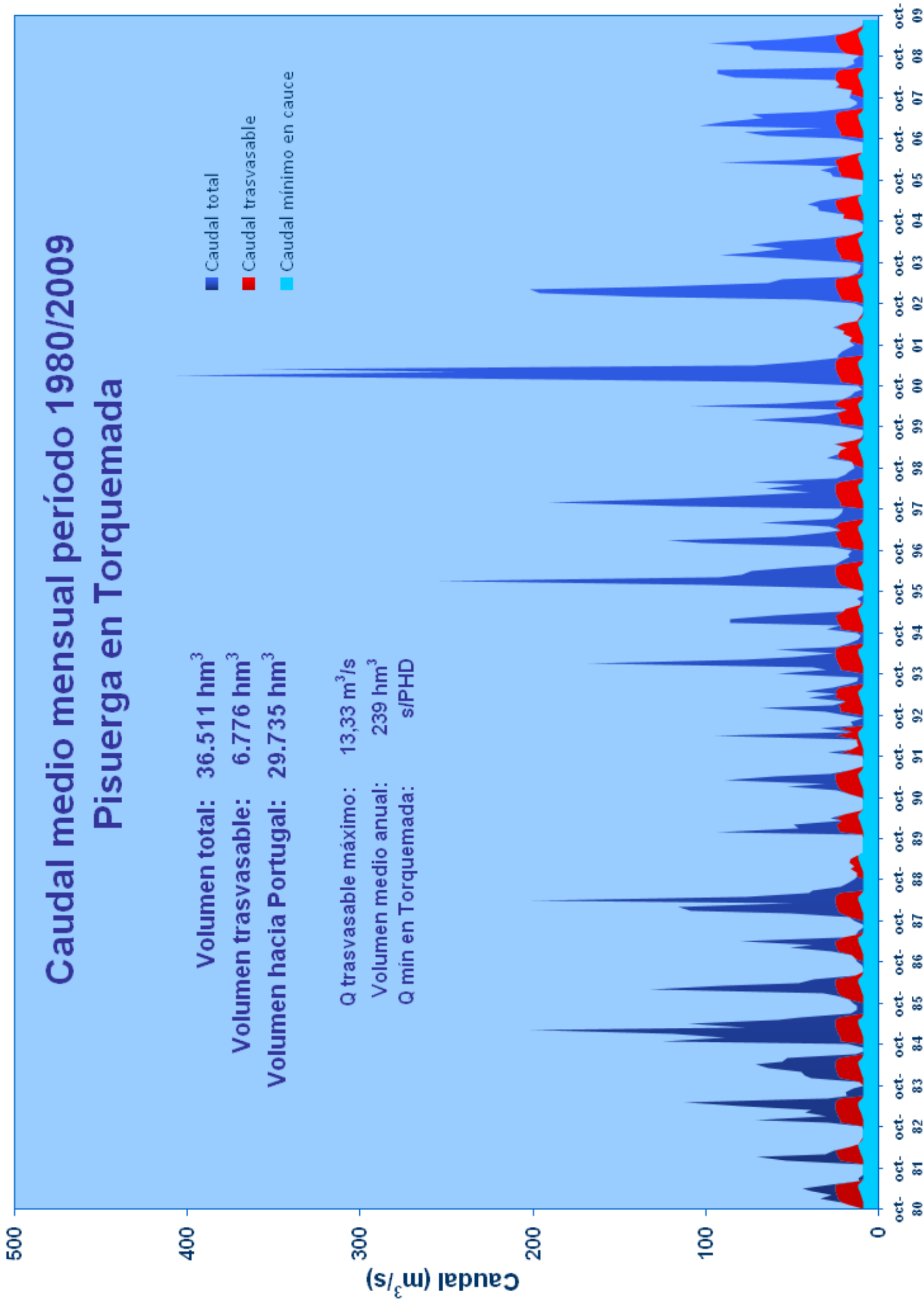
Caudal medio mensual período 1980/2009

Pisuerga en Torquemada

Volumen total: 36.511 hm³
Volumen trasvasable: 6.776 hm³
Volumen hacia Portugal: 29.735 hm³

Q trasvasable máximo: 13,33 m³/s
Volumen medio anual: 239 hm³
Q mín en Torquemada: s/PHD

■ Caudal total
■ Caudal trasvasable
■ Caudal mínimo en cauce



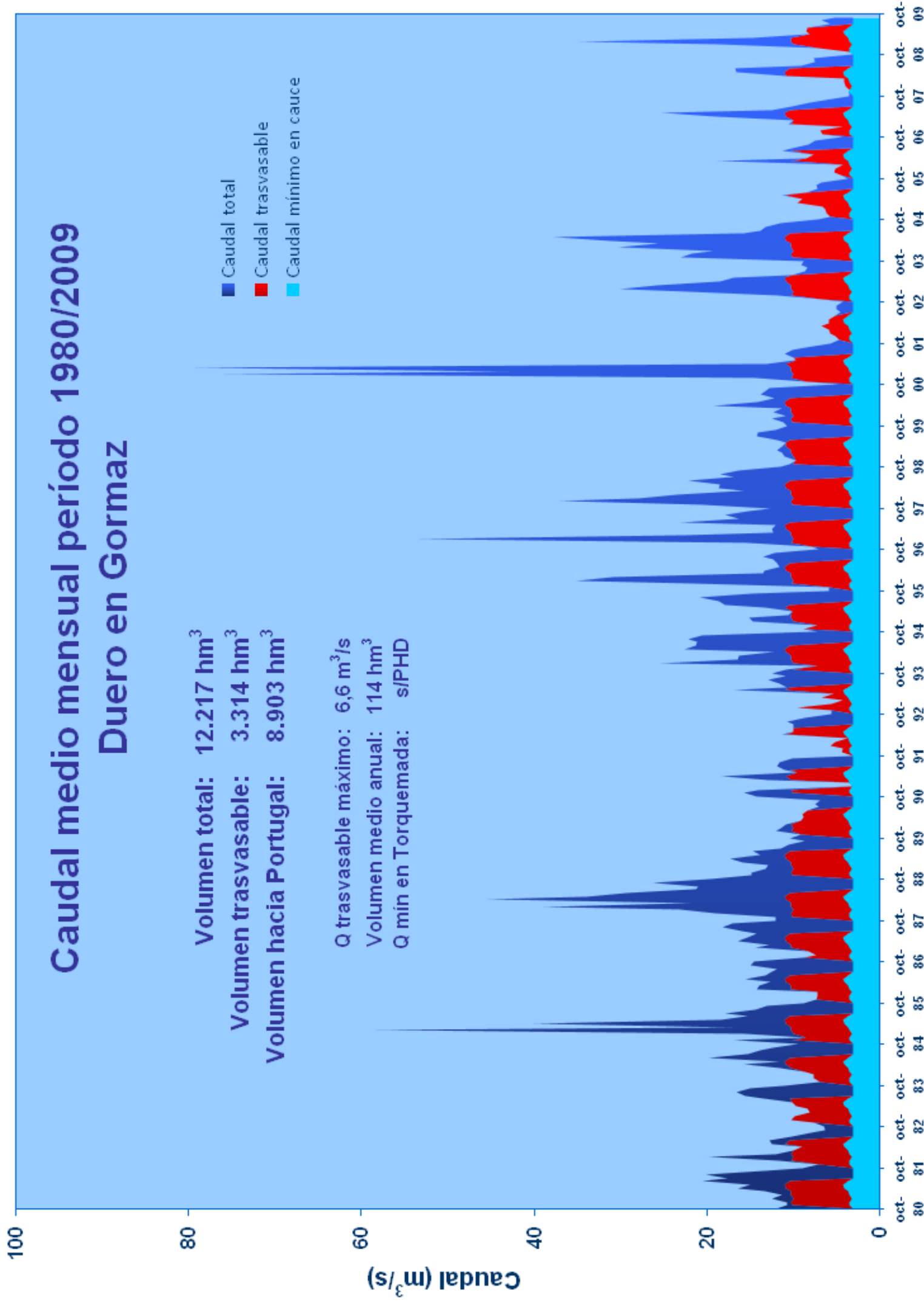
Caudal medio mensual período 1980/2009

Duero en Gormaz

Volumen total: 12.217 hm³
Volumen trasvasable: 3.314 hm³
Volumen hacia Portugal: 8.903 hm³

Q trasvasable máximo: 6,6 m³/s
Volumen medio anual: 114 hm³
Q min en Torquemada: s/PHD

■ Caudal total
■ Caudal trasvasable
■ Caudal mínimo en cauce



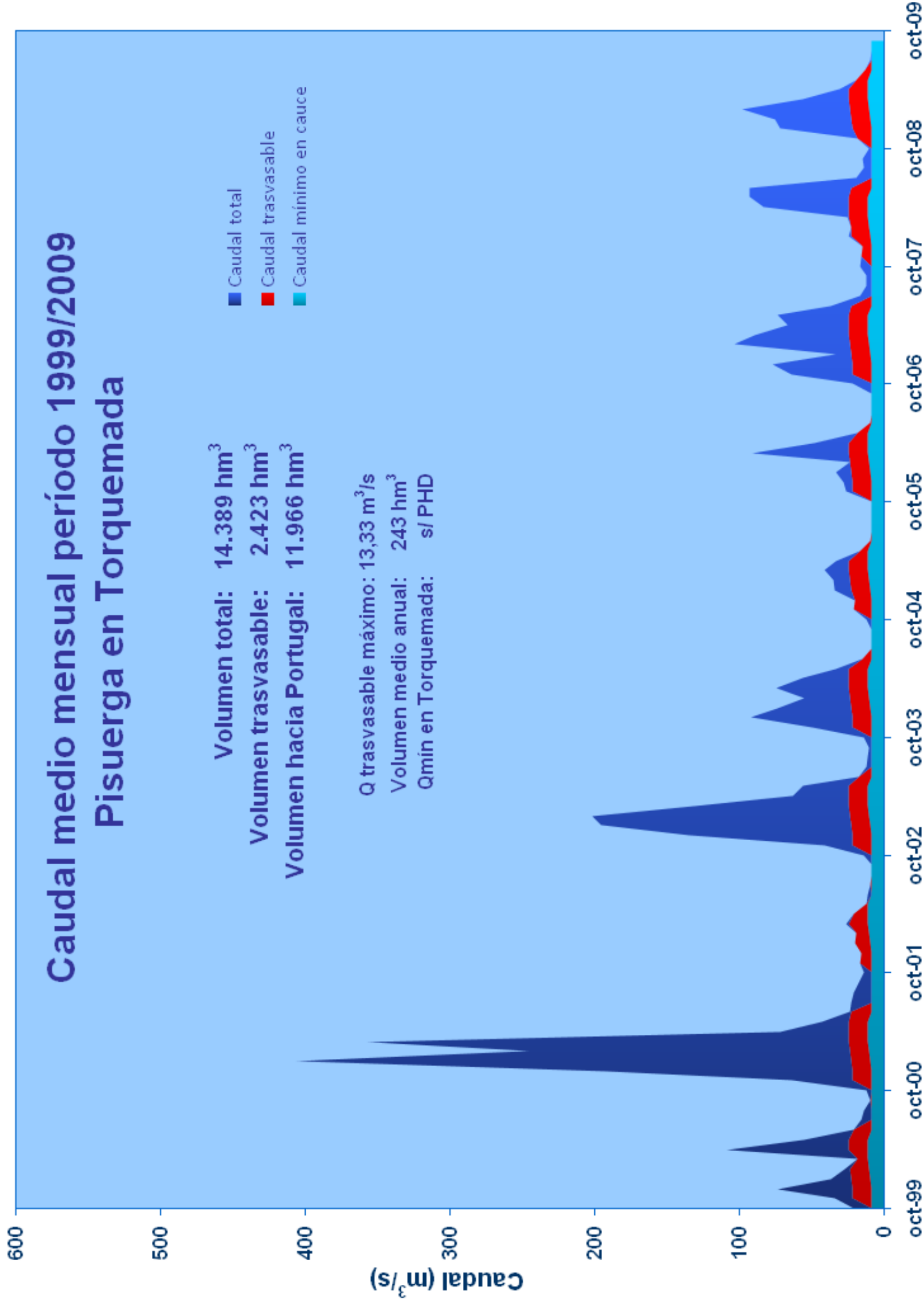
Caudal medio mensual período 1999/2009

Pisuerga en Torquemada

■ Caudal total
■ Caudal trasvasable
■ Caudal mínimo en cauce

Volumen total: 14.389 hm³
Volumen trasvasable: 2.423 hm³
Volumen hacia Portugal: 11.966 hm³

Q trasvasable máximo: 13,33 m³/s
Volumen medio anual: 243 hm³
Qmin en Torquemada: s/PHD



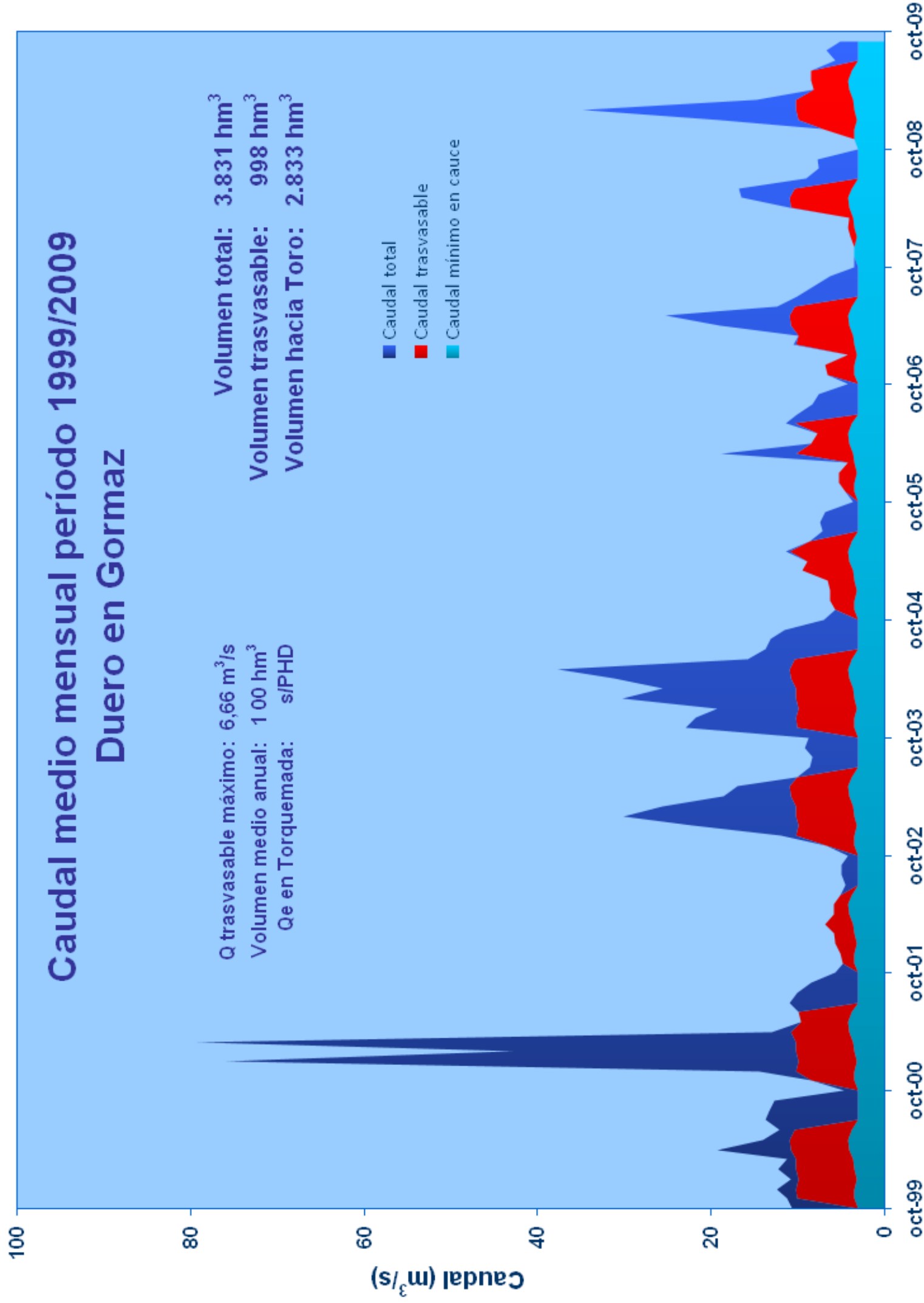
Caudal medio mensual período 1999/2009

Duero en Gormaz

Volumen total: 3.831 hm³
Volumen trasvasable: 998 hm³
Volumen hacia Toro: 2.833 hm³

Q trasvasable máximo: 6,66 m³/s
Volumen medio anual: 1 00 hm³
Qe en Torquemada: s/PHD

- Caudal total
- Caudal trasvasable
- Caudal mínimo en cauce



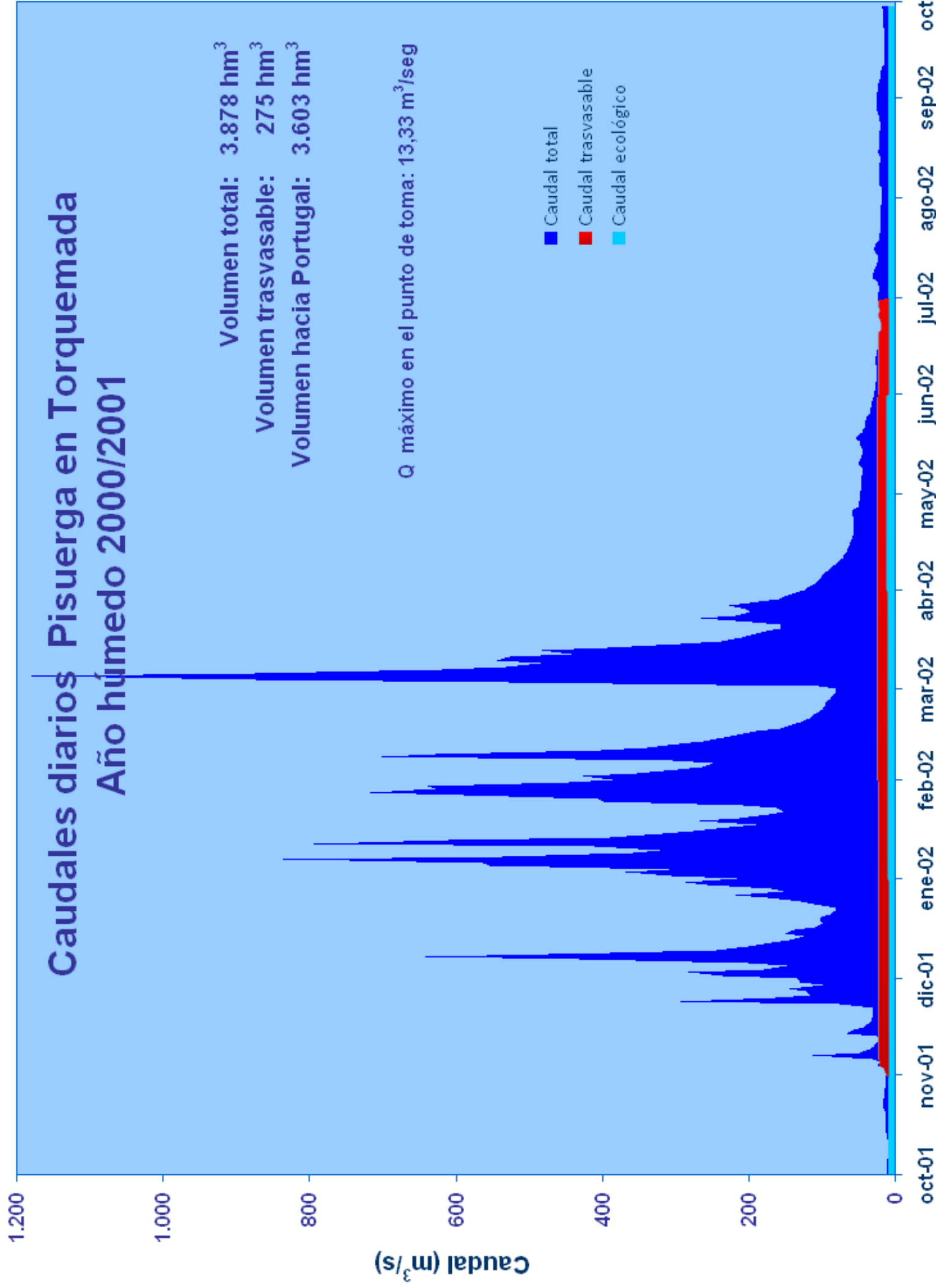
Caudales diarios Pisuerga en Torquemada

Año húmedo 2000/2001

Volumen total: 3.878 hm³
Volumen trasvasable: 275 hm³
Volumen hacia Portugal: 3.603 hm³

Q máximo en el punto de toma: 13,33 m³/seg

■ Caudal total
■ Caudal trasvasable
■ Caudal ecológico

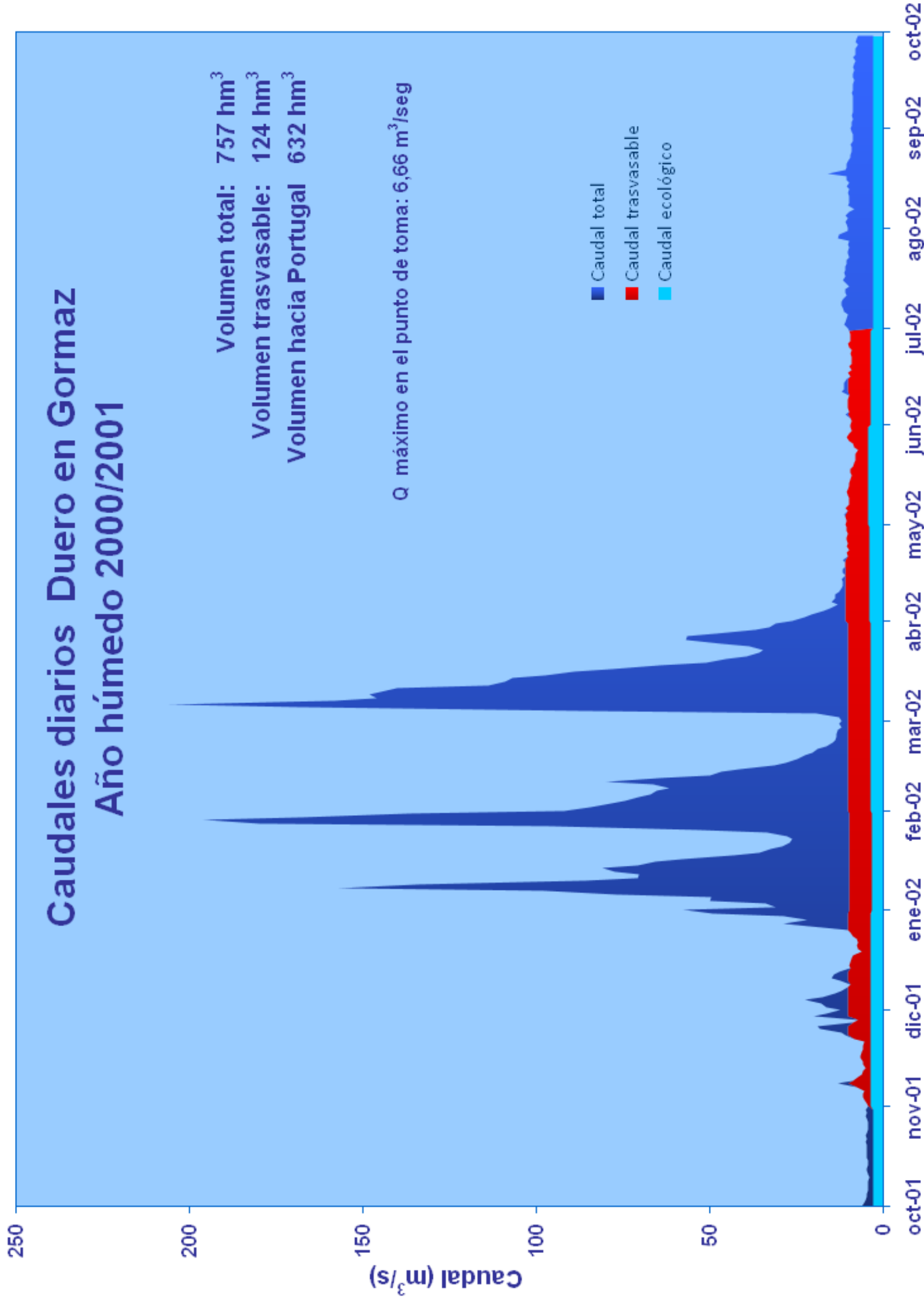


Caudales diarios Duero en Gormaz

Año húmedo 2000/2001

Volumen total: 757 hm³
Volumen trasvasable: 124 hm³
Volumen hacia Portugal 632 hm³

Q máximo en el punto de toma: 6,66 m³/seg



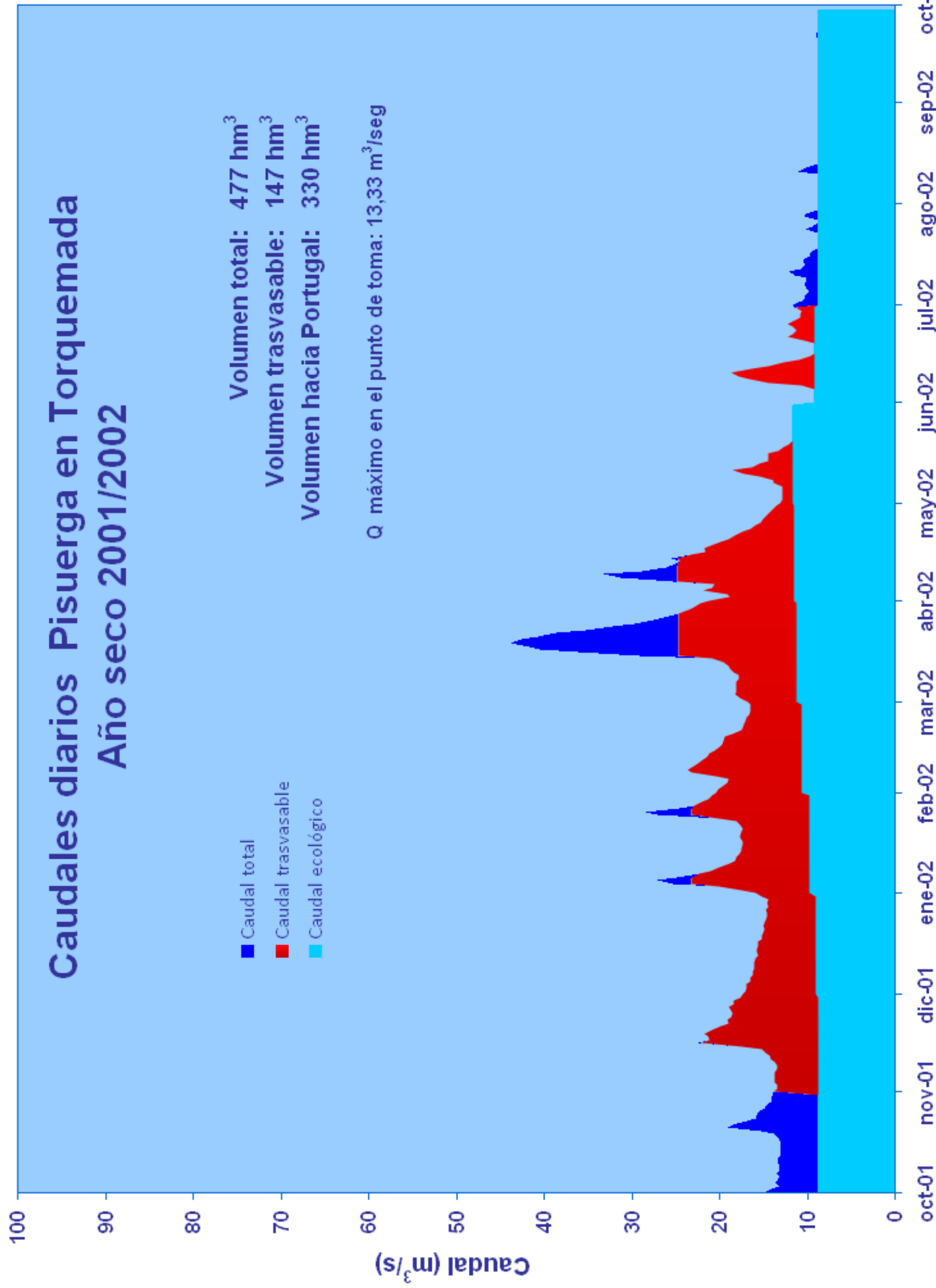
Caudales diarios Pisuerga en Torquemada

Año seco 2001/2002

Volumen total: 477 hm³
Volumen trasvasable: 147 hm³
Volumen hacia Portugal: 330 hm³

Q máximo en el punto de toma: 13,33 m³/seg

- Caudal total
- Caudal trasvasable
- Caudal ecológico



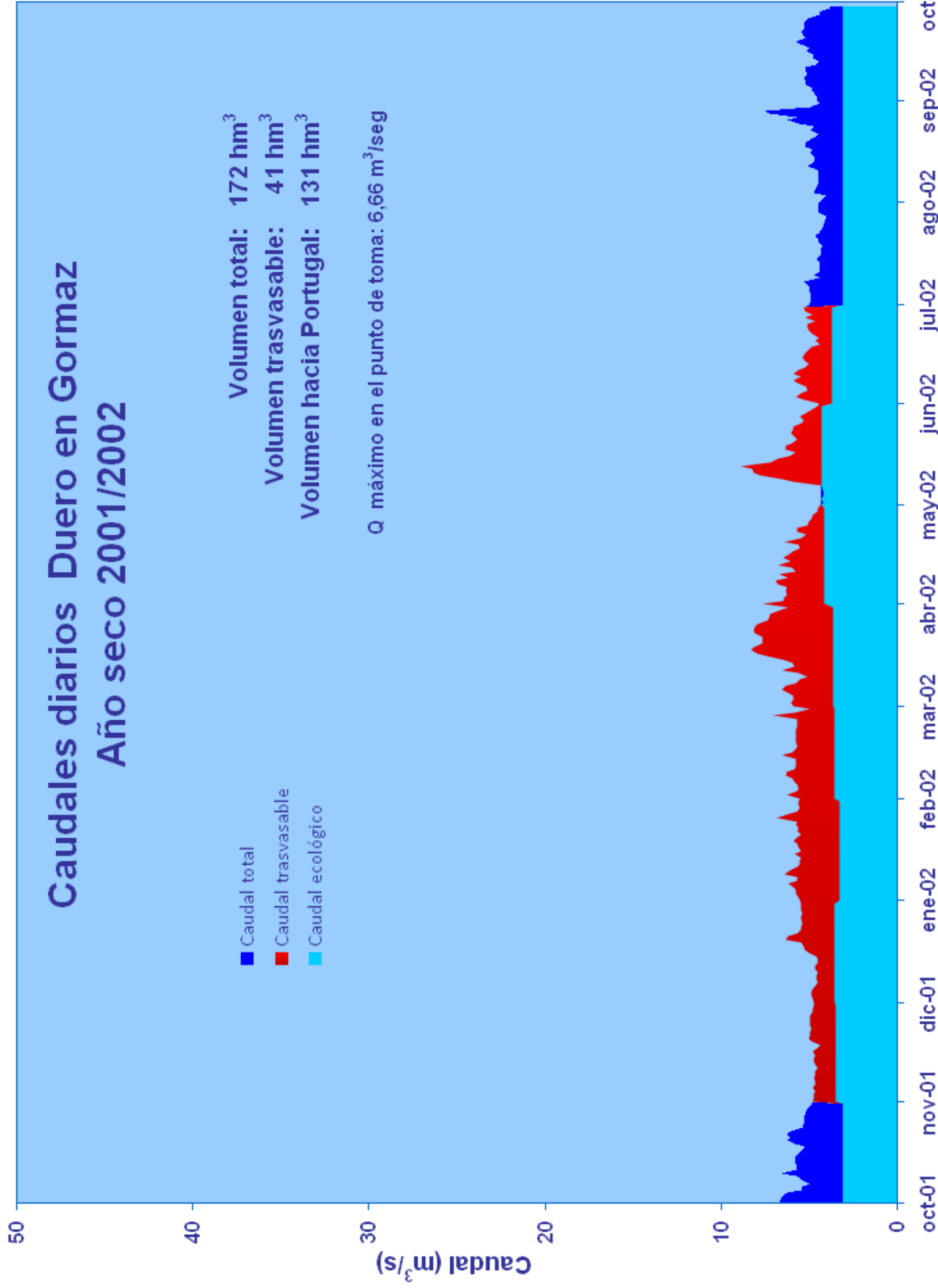
Caudales diarios Duero en Gormaz

Año seco 2001/2002

■ Caudal total
■ Caudal trasvasable
■ Caudal ecológico

Volumen total: 172 hm³
Volumen trasvasable: 41 hm³
Volumen hacia Portugal: 131 hm³

Q máximo en el punto de toma: 6,66 m³/seg



Se ha realizado una estimación del valor económico de las obras necesarias para el trasvase. Para ello se ha recurrido a precios de mercado de unidades de obra, principalmente tuberías de hormigón armado y acero de diámetros 2.500 mm y 2.800 mm.

Con estas definiciones se ha obtenido un presupuesto aproximado de las obras de 1.540 millones de euros para la totalidad de las instalaciones, con una longitud total de 334 km que transportarían un caudal medio anual de 350 hm³.

RESUMEN DEL PRESUPUESTO	Mill €
1. CONDUCCIONES POR GRAVEDAD	627
2. ELEVACIONES Y EMBALSES	218
3. ACUEDUCTOS	8
4. TÚNELES	52
5. APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO	95
6. OBRAS DE TOMA	40
7. EXPROPIACIONES	11
8. SEGURIDAD Y SALUD	21
<hr/>	
IMPORTE DE EJECUCION MATERIAL	1.072
Gastos Generales y Beneficio	236
18% I.V.A.	235
PRESUPUESTO TOTAL	1.543

BALANCE ENERGÉTICO

Se obtiene un consumo energético para el agua transferida desde Torquemada y otro diferente para la derivada desde Gormaz. Por otra parte, se obtiene un aprovechamiento energético en el salto de final de la conducción en el río Tajo.

Haciendo una simplificación de las tarifas se estima un precio de 0,07 € kwh, sin distinguir el periodo horario del consumo o aprovechamiento, lo que ofrece un resultado muy conservador, pero suficiente para este estudio preliminar.

CONSUMO ENERGÉTICO

Torquemada

Volumen medio transferido: 240 hm³/año. Altura geométrica 510 metros.

Energía consumida por m³ elevado desde Torquemada:

$$E = 1,5 \text{ kwh/m}^3$$

Energía consumida el año medio:

$$E = 1,5 \times 240 = 360 \text{ Gwh}$$

Gormaz

Volumen medio transferido al año: 110 hm³. Altura geométrica 290 metros.

Energía consumida por m³ elevado desde Gormaz:

$$E = 0,85 \text{ kwh/m}^3$$

Energía consumida el año medio:

$$E = 0,85 \times 110 = 93,5 \text{ Gwh}$$

Energía total consumida por m³

Energía total consumida por m³ promedio de ambos orígenes:

$$E = \frac{360 + 93,5}{350} = 1,3 \text{ kwh/m}^3$$

APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO

El salto de agua al final de la conducción tendrá un desnivel geométrico de 330 metros y se turbinarán 350 hm³/año.

Energía producida por m³:

$$E = 0,60 \text{ kwh/m}^3$$

Energía total al cabo del año:

$$E = 350 \times 0,60 = 210 \text{ Gwh}$$

BALANCE ENERGÉTICO

Balance energético anual:

$$E = 360 + 93,5 - 210 = 243,5 \text{ Gwh}$$

Consumo energético por m³

$$E = 1,3 \text{ kwh/m}^3 - 0,60 \text{ kwh/m}^3 = 0,70 \text{ kwh/m}^3$$

COSTE DEL AGUA EN DESTINO

Criterios de valoración

Se utilizan los criterios siguientes:

- 1.- Amortización de infraestructuras: el tipo de interés aplicado es del 4% y el periodo de amortización 50 años. El presupuesto de las obras incluye los costes de proyectos, expropiaciones y fiscalización de las obras.
- 2.- Reposición de equipos: se considera una reposición de los equipos de elevaciones y aprovechamientos energéticos a los 25 años de la puesta en servicio y se ha establecido una anualidad adicional para reposición de equipos del 1,75% de interés sobre sus costes de inversión.
- 3.- Gestión administración, conservación y mantenimiento de las instalaciones: Se adopta el 1,2% anual del coste de la inversión.
- 4.- Coste energético de las elevaciones restandole los ingresos de la energía producida en el salto de Agua sobre el río Tajo. Se considera una tarifa de 0,07/Kwh.

5.- Coste de Energía de afección del Bajo Duero: Se adoptan los valores obtenidos en el Plan Hidrológico Nacional año 2001, actualizada la tarifa eléctrica, que ofrecen las siguientes tablas:

DETRACCIÓN DE RECURSOS DEL DUERO EN GORMAZ				
Punto de derivación	Salto afectado	Equivalente energético (kwh/m ³)	Precio energía (€/kwh)	Coefficiente de afección (€/m ³)
Alto Duero	San José	0,0130	0,07	0,001
	San Román	0,0390	0,07	0,003
	Villalcampo	0,0867	0,07	0,006
	Castro	0,0892	0,07	0,006
	Aldeadávila	0,3279	0,07	0,023
	Saucelle II	0,1570	0,07	0,011
	Total	0,7128		0,050
Coste: 110 hm ³ x 0,050 x 10 ⁶ = 5,5 M€				

DETRACCIÓN DE RECURSOS DEL DUERO EN VILLALCAMPO				
Punto de derivación	Salto afectado	Equivalente energético (kwh/m ³)	Precio energía (€/kwh)	Coefficiente de afección (€/m ³)
Pisuerga	Villalcampo	0,0867	0,07	0,006
	Castro	0,0892	0,07	0,006
	Aldeadávila	0,3279	0,07	0,023
	Saucelle II	0,1570	0,07	0,011
	Total	0,6608		0,046
Coste: 240 hm ³ x 0,046 x 10 ⁶ = 11,04 M€				

El coste de la afección hidroeléctrica total será igual a: 16,54 Mll €

Cálculo de la tarifa

1. Hipótesis I. Obras sin subvención

Concepto	Importe (Mll €)	Tipo interés (%)	Coste Total (Mll €)	Precio unitario (€m ³)
Amortización de infraestructura	1.543	4,00	71,8	0,20
Reposición de equipos electromecánicos (60% de los capítulos 2 y 5)	188	1,75	9,6	0,03
Conservación y mantenimiento	1.543	1,20	18,5	0,05
Coste energético de elevaciones (menos aprovechamiento energético)			17,1	0,05
Afección hidroeléctrica			16,5	0,05
Total			133,5	0,38

2. Hipótesis II. Obras con subvención y sin afección hidroeléctrica

Se considera una subvención del 33% del importe de las obras, un interés de amortización del 3% y que las aguas a transferir se consignen a cargo de los volúmenes obtenidos de la mejora de regadíos y de la corrección de las pérdidas de la infraestructura hidráulica de distribución en la cuenca del Duero, obtendría los siguientes valores.

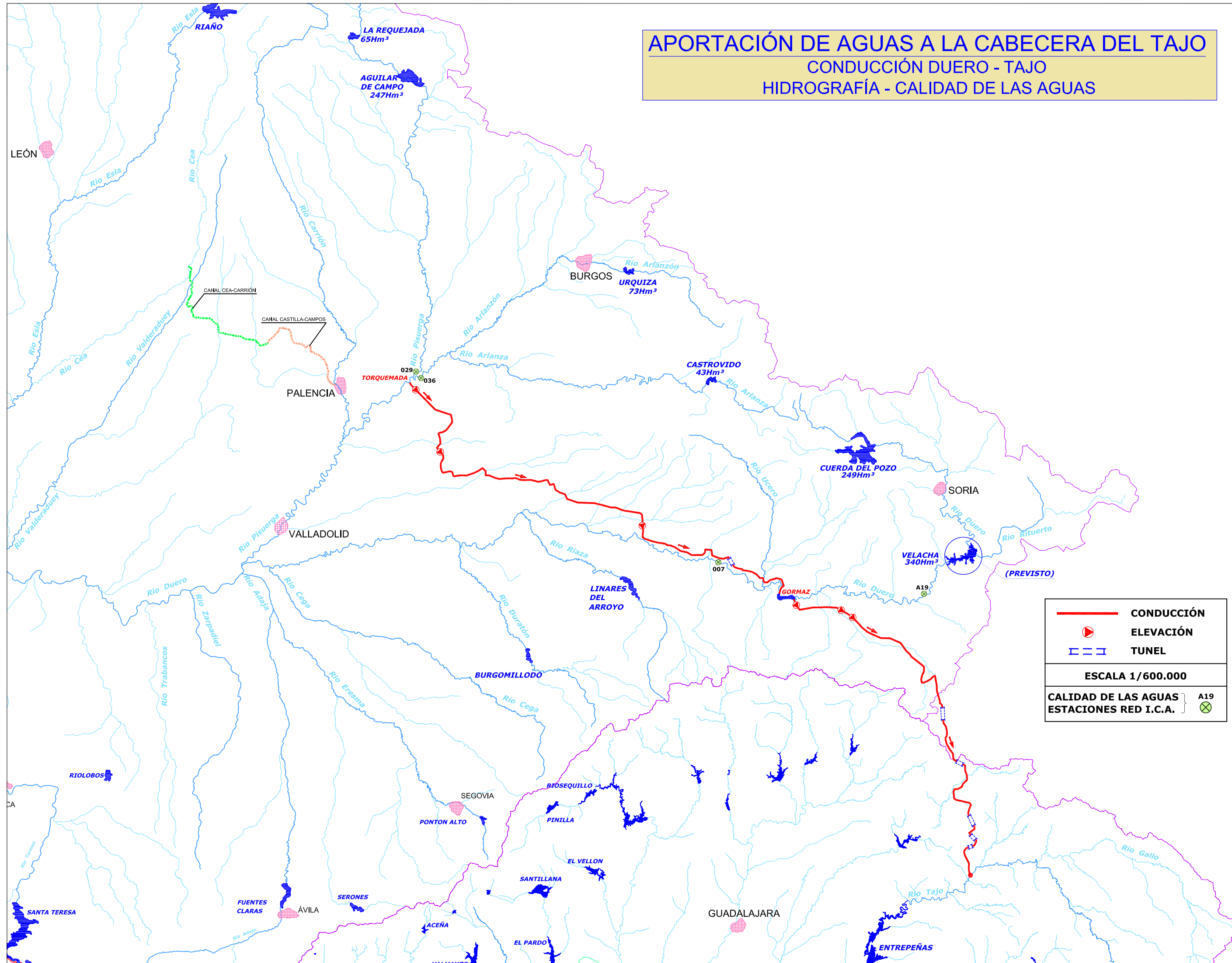
Concepto	Importe (Mll €)	Tipo interés (%)	Coste Total (Mll €)	Precio unitario (€m ³)
Amortización de infraestructura	1.034	3,00	40,2	0,12
Reposición de equipos electromecánicos (60% de los capítulos 2 y 5)	124	1,75	6,2	0,02
Conservación y mantenimiento	1.034	1,20	12,4	0,03
Coste energético de elevaciones (menos aprovechamiento energético)			17,1	0,05
Afección hidroeléctrica				
Total			75,9	0,22

El ratio de coste del agua transferida a Entrepeñas oscilará entre los valores obtenidos de **0,22 €m³** y **0,38 €m³**.

APORTACIÓN DE AGUAS A LA CABECERA DEL TAJO

CONDUCCIÓN DUERO - TAJO

HIDROGRAFÍA - CALIDAD DE LAS AGUAS



CONCLUSIÓN

Se pretende con este estudio preliminar aportar información para la toma de decisiones que permita incluir dentro de la Planificación Hidrológica Nacional la comunicación de la cuenca del río Duero con la cabecera del río Tajo.

La conducción propuesta discurriría en dirección NO-SE comunicando los caudalosos afluentes de la margen derecha del río Duero con los grandes embalses de regulación del Alto Tajo, que son los que dan garantía al suministro de agua potable de una gran parte del territorio (Madrid, poblaciones de Castilla la Mancha, Murcia, Alicante y Almería). Se conseguiría así comunicar los ríos y embalses del norte, con las poblaciones del centro y sureste de la Península. Las aguas detraídas tienen condiciones de calidad A1 y A2 prepotable en los puntos de toma. Con estas premisas se obtiene una doble seguridad, la garantía del servicio y la certeza de la demanda y de la recuperación íntegra de costes.

La conducción proyectada ha tenido en cuenta en todo momento la mejor adaptación al medio, sin afectar ningún territorio declarado de especial protección medioambiental. Se ha previsto que las medidas adoptadas en la ejecución del proyecto permitan que la preceptiva declaración de impacto ambiental sea favorable.

Por otra parte, los ratios obtenidos de coste de la amortización de la obra y explotación del acueducto se consideran asumibles por los usuarios. No obstante, la construcción de las principales elevaciones y el salto de agua como centrales eléctricas reversibles supondría una reducción importante de los costes de transferencia.

Con el estudio realizado se puede garantizar un volumen en el embalse de Entrepeñas de 3.500 hm³ en un período de 10 años. Para obtener mayores volúmenes se tendrían que ejecutar obras de regulación de los ríos afectados (embalse de Velacha en el alto Duero y recrecimiento del embalse de Castrovido en el río Arlanza). Alternativamente, podría conseguirse el mismo efecto ejecutando una conducción que comunicara el Canal Cea-Carrión con el río Pisuerga en Torquemada.