

# El Canal Imperial de Aragón\*

## The Aragon Imperial Canal

Carlos Nárdiz Ortiz. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.  
Profesor titular de la Universidad de A Coruña. [cnardiz@udc.es](mailto:cnardiz@udc.es)

**Resumen:** La exposición internacional de Zaragoza 2008, incluye la rehabilitación del Canal Imperial de Aragón a su paso por la ciudad. Recordar los planteamientos funcionales y territoriales que están detrás de la construcción de los canales de navegación y riego en el siglo XVIII, de los fracasos y aciertos, y el patrimonio territorial que ha quedado detrás de su construcción, es también recorrer -como dice Fernando Sáenz Ridruejo, uno de sus principales estudiosos- las utilidades múltiples, cambiantes con el tiempo, que tienen las grandes obras públicas, que suelen superar con creces las previsiones y expectativas de sus creadores, de ahí la importancia de acertar en las etapas previas de planificación y proyecto. Por otra parte, como decía también otro estudioso, y posiblemente principal divulgador del patrimonio de la ingeniería en el siglo pasado, José A. Fernández Ordóñez, el Canal Imperial de Aragón es un verdadero museo de las Obras Públicas, por lo que la iniciativa actual en torno a la ciudad de Zaragoza, debería extenderse hasta el Bocal, en el nacimiento del Canal. Hablar del pasado, es también hablar del presente, y aparte de divagar sobre las utilidades de los canales, es bueno recordar la defensa que desde las publicaciones de los ingenieros de caminos, se ha hecho del patrimonio de estas obras de ingeniería, y la necesidad de que estén presentes en las obras de rehabilitación.

**Palabras Clave:** Los canales de navegación, El patrimonio de las Obras Públicas,  
La rehabilitación del Canal Imperial de Aragón

**Abstract:** The international exposition to be held in Saragossa/Zaragoza in 2008, includes the rehabilitation of the section of the Aragon Imperial Canal running through the city. On recalling the functional and territorial planning behind the construction of 18th century navigation and irrigation canals, the successes and failures of the same and the territorial heritage received as a result, one is forced to examine - in the words of Fernando Sáenz Ridruejo one of the leading experts in the area - the multiple and ever-changing utilities of large public works which frequently outgrow the previsions and forecast of their creators and which underline the need for foresight in the preliminary planning stage of the project. Furthermore, and in the words of another expert and possibly the main reference in terms of our engineering heritage over the last century, José A. Fernandez, the Aragon Imperial Canal is an authentic museum of Public Works and the current projects considered for Saragossa should, subsequently, extend to the source of the Channel. When speaking of the past, one also refers to the present and in addition to discussing the uses of the canal, one also has to ensure the defence of these engineering works. This defence has been voiced in civil engineering journals and should duly be recalled in the rehabilitation work.

**Keywords:** Navigation canals, Public Work heritage, Rehabilitation of the Aragon Imperial Canal

### 1. Introducción

El atraso que padecen en España la agricultura, las fábricas y el comercio -decía Bernard Ward a mediados del siglo XVIII- *"bien se sabe que en gran parte procede de la falta de comunicación de una provincia con otra en el interior del Reino, y de todas con el mar y, ésta se consigue por medio de ríos navegables, canales y buenos caminos"*.

Mientras la mayoría de los países europeos poseían ríos navegables para desarrollar la industria y el comercio, aquí, en España, los ríos, con escaso caudal, fuertes pendientes, y cauces transformados desde el medioevo por los numerosos azudes para el aprovechamiento de sus aguas, no eran navegables. Los intentos que se habían realizado para hacer navegables los ríos Duero, Tajo, Ebro, Guadalquivir desde el siglo XVI, habían fracasado, no llegándose ni a

(\*) El texto que recoge este artículo es un resumen de un texto más amplio, en el que se analizaba también el Canal de Castilla, y que aparece recogido en la publicación "El Canal de Castilla. Un Plan Regional". (Junta de Castilla y León. CEHOPU. 2004).

comenzar las obras. Al fracasar las propuestas de navegación interior, se pensó en una red de canales navegables, paralelos a los cauces de los ríos, uniendo incluso cuencas menores para llegar hasta las cuencas principales y el mar, a semejanza de los proyectos de canales de navegación que a partir de los canales de Braire y de Languedoc o Midi, habían iniciado los franceses a comienzos del siglo XVII.

El fomento de la agricultura (y en último término de la riqueza de la nación), de acuerdo con las doctrinas fisiocráticas del momento, no descansaba, sin embargo, solamente en la mejora de las vías de comunicación (para impulsar los intercambios comerciales, amortiguar los desequilibrios regionales y aumentar los precios en el lugar de producción), sino también en la transformación de las estructuras socioeconómicas (quitando los estorbos de propiedad y económicos que impedían su progreso), en la libertad de comercio interior y exterior (liberalizando por ejemplo el comercio con América, anteriormente concentrado en Sevilla y Cádiz), en el fomento de la industria (incrementando el número de fábricas, siguiendo los ejemplos del extranjero, aunque fuese con las providencias del gobierno), en la repoblación de zonas de territorio estéril (colonizando las zonas despobladas del interior, con nuevas poblaciones, aunque fuera como decía Ward haciendo venir labradores extranjeros) y, sobre todo, aumentando el valor y la productividad de las tierras mediante el riego. Así, cuando el Conde de Sástago da cuenta en 1796 de las utilidades de los Canales Imperiales de Aragón y Real de Tauste a las poblaciones regadas por los mismos (aparte de la navegación, en el caso del Canal Imperial), se refiere a la pérdida de cosechas anteriores por la escasez de agua o por la inundación de las cosechas, a la mejora de la calidad de las cosechas, muy abundantes en toda especie de frutos, a la extensión de los riegos a gran número de labradores, frente a las concesiones limitadas anteriores. El aumento de la demanda de productos agrícolas, paralelo en el siglo XVIII al aumento de población, determinó el aumento de los precios y la creación de nuevos regadíos en terrenos anteriormente baldíos.

El riego, sin embargo, en España, tenía una larga tradición, y los canales de riego (unido o no a la función de la navegación) que se construyeron en el siglo XVIII, tenían precedentes indirectos medievales, y en algunos casos directos, como en el caso del Canal Imperial de Aragón, proyectado para transformar la Acequia Real del siglo XVI. Fue el desconocimiento de esa tradición (con antecedentes incluso romanos), lo que determinó el fracaso de algunos de los proyectos de canales iniciados en la segunda mitad del siglo XVIII. Los conocimientos técnicos hidráulicos en la España del último tercio del siglo XVIII, dice Fernando Sáenz Ridruejo (1985), eran escasos y, esto es grave, importados.

El plan que los ministros de Carlos III elaboraron a partir de la segunda mitad del XVIII, para sacar a España del es-

tancamiento científico y económico en que se encontraba, comprendía las tres etapas que nos cuenta Rumeu de Armas en su libro "Ciencia y tecnología en la España Ilustrada" (1980). La primera etapa consistía en la contratación en el extranjero de un número importante de científicos encargados de propagar en España los nuevos conocimientos y técnicas. Por esta vía nos vamos a encontrar con ingenieros militares franceses, como Carlos Lemaur, autor del primer proyecto de Canal de Castilla, del Canal de Guadarrama, e incluso de los Caminos Reales de Galicia y Andalucía. La segunda etapa consistía en el envío de pensionistas españoles al extranjero. Este será el caso por ejemplo de Betancourt, promotor del Cuerpo de Ingenieros de Caminos y Canales, y fundador, en 1802, de la Escuela de dicha especialidad, a semejanza de la francesa. Antes de la creación de este cuerpo de ingenieros civiles, van a ser los ingenieros militares los encargados de llevar a cabo los proyectos y la dirección de las obras relativas a las vías de comunicación. El repertorio biográfico o inventario que sobre los ingenieros militares del XVIII publicó en 1983 la cátedra de Geografía Humana de la Universidad de Barcelona, dirigida por Horacio Capel, constituye un gran apoyo para conocer lo realizado por estos ingenieros tanto en España como en América. Los ingenieros militares constituyeron, de hecho, el primer cuerpo organizado de técnicos que poseyó en España el Estado moderno. Para la formación científica de estos ingenieros se instituyeron academias de matemáticas en distintos lugares de España, siendo la primera la fundada en Barcelona en 1710.

Junto a la formación científica (criticada después por los ingenieros de caminos y canales, empezando por Betancourt), la formación territorial: Los ingenieros militares, aparte de tener competencia en las obras de defensa de las plazas militares y arsenales de la Armada, tenían competencias en obras civiles de urbanización, edificación y equipamiento de las propias plazas, en actuaciones de reconocimiento territorial, en obras hidráulicas de riego, abastecimiento, saneamientos, desagües, canalizaciones, y en obras de comunicación (canales de navegación, caminos, puertos).

La decisión de intervenir sobre el territorio, formaba parte de un proyecto más amplio, al que aludíamos antes en relación al fomento de la agricultura, de tal manera que como dice Joan Eugenio Sánchez (1987) "*los planes de intervención territorial que se irán ejecutando a lo largo del siglo, no habrán sido fruto de la improvisación, por lo menos en cuanto a los objetivos generales, sino que están perfectamente claros y establecidos desde el primer momento*".

Las obras públicas adquieren así una clara dimensión espacial de articulación territorial del Estado, tanto en el campo económico, como en el político. El modelo fran-

cés, con un cuerpo técnico especializado, en obras de defensa y en el proyecto y la construcción de las obras públicas, y con unas vías de comunicación que partían de manera radial desde la capital del Estado, será el que se aplique en España.

No fue inicialmente, sin embargo, en los caminos, en los que pusieron las esperanzas de articulación del Estado, y de abaratamiento de los precios de transportes, sino en la navegación fluvial, y en los canales de navegación, que formarán parte del proyecto utópico de navegación interior, al que se opusieron desde el primer momento no solo las dificultades orográficas y las características de las cuencas y de los ríos de la península, sino también las políticas (por la existencia de Portugal, salida natural de la Meseta castellana), y económicas, derivadas de las limitaciones para la financiación de los nuevos canales. Fueron estas limitaciones de financiación, las que hicieron que a partir de los años 60 del siglo XVIII, las miradas se dirigieran hacia los caminos.

## 2. Los Canales construidos en España en el siglo XVIII

La colección de Planos Históricos de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas (hoy Fomento) publicados por el CEHOPU en 1985, es una buena introducción a los proyectos de navegación interior y de riego que se plantearon en la España de la segunda mitad del XVIII. La sorprendente exuberancia de estos proyectos, decía Manuel Díaz-Marta en la introducción, que aún hoy con una técnica hidráulica y unos medios constructivos incomparablemente superiores, nos parecerían no ya utópicos, sino disparatados, puede explicarse por el empeño de los ilustrados en poner fin a la postración económica en que yacía España, queriendo remediar con la navegación interior uno de las mayores desventajas respecto a los países más desarrollados de Europa, que consistía en la falta de buenos transportes dentro del propio país. Las obras de navegación interior recogidas en estos planos, fueron reduciendo y ajustando sus objetivos durante el proceso de construcción, de modo que solo se llevarán a cabo las porciones que eran más viables y de mayor utilidad. Es lo que ocurrió con el Canal de Castilla, reducido a las llanuras de la Tierra de Campos, o con el Canal Imperial de Aragón, construido entre el Bocal (aguas abajo de Tudela) y Fuentes de Ebro (aguas abajo de Zaragoza), o con el Canal de Guadarrama, para unir Madrid con Sevilla, en el que solo se trabajó en los tramos próximos a las dos ciudades, únicos factibles, o con el Canal de Tortosa (asociado a la continuidad hasta el mar del propio Canal Imperial de Aragón), con el tramo abierto entre Amposta y la desembocadura del Ebro y con una nueva población en San Carlos de la Rapita. Del Canal de Manzanares, que daba



El Canal de Languedoc o de Midi en las proximidades de Carcassone.

continuidad al primer tramo del Canal de Guadarrama hasta Aranjuez, solo se construyeron dos leguas, hasta llegar a Vaciamadrid.

De los canales de riego, aparte del complemento que esta función tenía para el aprovechamiento de los canales de navegación (debatido en el caso del Canal de Castilla, y considerado desde el primer momento en el caso del Canal Imperial de Aragón, por transformación de la anterior acequia Imperial), se terminarán aquellos que se habían iniciado en el siglo XVI, y cuya utilidad era inmediata, como el Canal de Tauste. El gran fracaso de los canales de riego emprendidos en la España del XVIII, fue el Canal de Murcia, que heredó Floridablanca del ministro anterior y del que nos da cuenta en su Testamento Político de 1792 (Rumeu de Armas 1962), y en el que se realizarán fuertes inversiones, hasta que hubo que paralizar las obras al dictaminar los técnicos (entre ellos Escofet y Lemaur) que no había agua suficiente para alimentar el canal, especialmente en verano. Suspendidas las obras por inútiles, a Floridablanca le tocó el papel de orientarlas hacia otros fines útiles, que dejasen a salvo "el decoro del gobierno español". Así se construyeron los pantanos de Valdeinferno y Puentes, en las proximidades de Lorca, que suponían un salto de escala respecto a la capacidad de riego de las presas anteriores, con el gran fracaso del hundimiento de la presa de Puentes, a los pocos años después de ser construida, con 50 m de altura, y la casi total colmatación de la presa de Valdeinferno.

Centrándonos en los canales de navegación, los canales proyectados en España a partir de mediados del XVIII, fracasados los proyectos de hacer navegables los ríos del siglo XVI, se inspiraron en los canales franceses del XVII y del XVIII, de "unión entre mares", que buscaban un sistema general de navegación interior que comunicase las tierras del interior con los puertos de mar. En este sistema general, los canales de navegación franceses, paralelos a

las cuencas de los ríos, o entre cuencas, se apoyarán en la propia navegación de los tramos inferiores de los ríos hasta el mar.

El canal de Languedoc o de Midi para comunicar la cabecera del Garona en Toulouse con el mar, uniendo el Atlántico con el Mediterráneo, participará de esa filosofía. Igual ocurrirá con el canal de Bourgogne, o el Canal del Loira, uniendo respectivamente las cabeceras del Rodano y del Loira con el Sena, navegable entre Monfereau, aguas arriba de París, y su desembocadura en el puerto de Havre. Cuando los tramos inferiores de los ríos no eran navegables hasta el mar, se acudía a canales laterales, como ocurrió con el Loira y el Garona, aunque construidos después en las primeras décadas del siglo XIX.

En España la unión entre mares, con los puertos naturales de las mesetas castellanas en el Atlántico (Oporto y Lisboa), separadas por la frontera con Portugal, hará que como decía Palacio Atard (1960), para el caso de la meseta castellana-leonesa, se busquen puertos artificiales para asomarse al mar. Al no ser necesaria la unión entre el Mediterráneo y el Atlántico, a diferencia de Francia, por razones estratégicas, se buscó dar salida a los productos de las dos mesetas a través de "los puertos artificiales" de Santander y Sevilla, separados respectivamente de las mesetas por los montes cantábricos, el Sistema Central y la Sierra Morena del mar. La unión entre el Cantábrico y el Mediterráneo a través de la depresión del Ebro, por un canal navegable que siguiera las márgenes de este río (como el proyectado y en parte construido Canal Imperial de Aragón), tenía también en los montes cantábricos su insuperable dificultad para acceder al mar. En cualquier caso, como decía Díaz-Marta (1985) en relación al Canal de Castilla, los objetivos de llegar con canales desde Segovia y otras localidades de Castilla hasta el Cantábrico eran ilusorios.

En realidad, el proyecto que Lemaury presentó en 1752 al Marqués de Ensenada para el Canal de Castilla, no era tan ilusorio, ya que se apoyaba por el norte, para llegar al puerto de Santander, en el camino carretero de Reinosa a Santander, que en ese momento se estaba construyendo de acuerdo con la Ordenanza de Intendentes y Corregidores de 1749. Incluso por el sur, a partir de Segovia, el Canal de Castilla tenía continuidad a través de la carretera del Puerto de Guadarrama, ejecutada en la misma época, de acuerdo con la misma ordenanza, y a la que intentarán dar continuidad posteriormente hasta el puerto de Sevilla a través del Canal de Guadarrama, que luego comentaremos, uniendo en último término el Cantábrico con el Atlántico a través de la espina central de la península, aunque fuera en contra de la dirección transversal de la red hidrográfica y del sistema orográfico. Si consideramos, como decíamos antes, que los planes ejecutados a lo largo del siglo, no eran fruto de la improvisación, en la mente

del Marqués de Ensenada, ministro de Fernando VII, que encargó a Lemaury la realización del proyecto del Canal de Castilla, el objetivo de la unión entre mares, aparte de los razonamientos económicos que nos explica Palacio Atard (1960) de conquista de un puerto artificial para las rutas de las lanas y de las harinas, estaba muy presente, posiblemente por los mismos motivos estratégicos que los canales franceses.

Jovellanos en el Informe de Ley Agraria, sigue creyendo a finales del XVIII, en un plan a escala de nación (o mejor de península) de canales de navegación, apoyando no solo la necesidad de completar los tramos pendientes del Canal de Castilla, sino los que en esos momentos se estaban iniciando con grandes dificultades financieras como el Canal Imperial de Aragón, el Canal de Tortosa y el Canal de Guadarrama, avanzando otros proyectos de canales de riego y navegación como el Canal del Guadalquivir, cuyo trazado firmará José Agustín de Larramendi en 1818, para unir Córdoba con Sevilla apoyándose en las márgenes del Guadalquivir, y remitiéndose incluso a proyectos fracasados del siglo XVI como el de hacer navegable el Duero. Vemos aquí nuevamente la tendencia a la utopía, que Díaz-Marta (1985) consideraba característica del arbitristo hidráulico de todos los tiempos, incluido el actual (como los trasvases entre cuencas), y respecto a los que ya encontramos críticas en la época, como en la propuesta irónica que hacía el marino José Cadalso en sus Cartas de Marruecos (citado por Sambricio, 1991), de un canal llamado de San Andrés, con forma de cruz, que desde La Coruña llegará a Cartagena y desde el Cabo de Creus al de San Vicente, con dos líneas que se cortan en Castilla la Nueva "formando una isla a la que se pondrá mi nombre para inmortalizar al proyectista...".

La construcción de los ramales del Canal de Castilla, durante casi un siglo, fue financiada por el Estado, causa principal del retraso de las obras, con inversiones que Helguera (1988) ha estudiado desde el comienzo de la construcción. Las vicisitudes económicas de la construcción del Canal Imperial de Aragón, están todavía mejor documentadas, y una primera aproximación a las dificultades para su financiación, la tenemos en el propio Testamento Político de Floridablanca de 1792 (Rumeu de Armas, 1962), que como Secretario de Estado se hizo cargo de la construcción de las obras del canal a partir de 1776, después de que hubieran sido adjudicadas diez años antes a la compañía del francés Badin para transformar la anterior Acequia Imperial del XVI en canal de navegación y riego. A través de la bibliografía que se adjunta al final de Pérez Sarrión (1975, 1984), Fernando Sáenz Ridruejo (1985-1998), podemos relacionarnos con las dificultades y retrasos de las obras del Canal, con la intervención fundamental de Pignatelli a partir de 1772, cuya muerte en 1793 siguió a la destitución de Floridablanca en 1792. Del sustituto de Pignatelli



El Canal de Castilla en Fromista.

natelli, el Conde de Sástago, tenemos una *"Descripción de los Canales Imperiales de Aragón y Real de Tauste de 1796"*, de la que el CEHOPU ha hecho ya dos reediciones, una en 1984 (más limitada), y otra en 1998, con las litografías de Blanchard de 1833 del Canal, que acompañaban a la *"Memoria histórica del Canal Imperial de Aragón, noticias de las utilidades que producen y explicación de lo que contienen las láminas"*, con las que se solicitaban ayudas al Gobierno para construir las obras que quedaban pendientes del Canal.

Como dice Fernando Sáenz Ridruejo (1984) en la reedición de la descripción del Conde de Sástago, el Canal Imperial es, desde la época de su construcción, la más conocida y la mejor historizada de todas las obras públicas españolas, y pocos organismos mantienen un archivo tan rico y tan cuidado como el del Canal Imperial. Sáenz Ridruejo, aporta así mismo datos de los ingenieros y técnicos franceses y españoles que proyectaron y construyeron el canal, entre los que destaca el papel de Sánchez Bort, autor también del último proyecto del arsenal de Ferrol. A la traza, a la sección y a las obras singulares del Canal Imperial de Aragón, nos referiremos en el apartado posterior.

Finalmente queda para completar esta visión, hacer referencia al más utópico de los proyectos de canales de navegación que se proyectaron en España en el siglo XVIII, el Canal de Guadarrama, al que nos hemos referido ya como el otro extremo del proyecto de navegación interior de norte a sur de la península, entre los puertos de Santander (en el Cantábrico) y el de Sevilla (en el Atlántico) cuyo extremo septentrional era el Canal de Castilla con su ramal hasta Segovia, y cuyo extremo meridional será el Canal de Guadarrama, una vez superada la sierra de Guadarrama por el camino carretero construido en los años 50 del siglo

XVIII. Floridablanca hacía referencia a este canal en su Testamento Político diciendo que está a cargo del Banco. El Banco al que se refería Floridablanca era el Banco Nacional de San Carlos, fundado a partir de 1782 y dirigido por Cabarrús.

El proyecto del Canal de Guadarrama había sido encargado a Lemaur el mismo año de su muerte, en 1785, continuando con la tramitación del proyecto sus hijos, también ingenieros militares, Carlos y Manuel, hasta su aprobación, de tal manera que en 1787 se iniciaron las obras de la Presa del Gasco sobre el río Guadarrama, en la proximidad de Torrelodones (Madrid), con el objetivo inicial de transportar piedra de la sierra de Guadarrama hasta Madrid, y futuro de abastecer de agua a un canal navegable que permitiera llegar desde Madrid hasta Sevilla.

Teresa Sánchez Lázaro (1995) que ha estudiado la traza y las dificultades de construcción de este canal de 771 km de longitud y desniveles máximos de 800 m, sobre topografía actual, llega a la conclusión de que el trazado de Lemaur era correcto, la alimentación de agua, de haberse concluido la presa de Gasco (cuya altura se proyectó con 93 m, aunque se derrumbó cuando había alcanzado dos tercios de su altura, por los propios defectos de la geometría de su sección), era posible, aunque con reducciones del tráfico en el Canal durante el estiaje. A ello habría que añadir las dificultades de explotar y mantener el canal y las larguísimas minas que se tendrían que construir en el último tramo de su curso.

Lo que ha quedado de este canal, es la imagen de la ruina de la presa de Gasco y de los tramos de la caja del canal abiertos con los treinta y siete acueductos, en una longitud de unos 25 km en el norte de Madrid. Hoy estas obras, de difícil acceso y cubiertas de vegetación, son la mejor imagen de la utopía y las dificultades económicas con que se acometieron estos proyectos, financiados por otra parte directa o indirectamente por el Estado, con unas obras que como dice Fernando Sáenz Ridruejo (1985) "pensadas desde arriba por unos gobernantes mejor intencionados que conocedores de la realidad de su pueblo, y emprendidas de forma mimética, con la mente puesta más en la corte de Francia que en la topografía española, tenían forzosamente que fracasar".

### 3. La técnica y los elementos del Canal Imperial de Aragón

#### 3.1. La presa y la casa de compuertas en el Bocal

La función de las presas en los canales de navegación, era doble, por una parte derivar el agua del curso principal para alimentación del canal, y por otra conseguir suficiente altura sobre las corrientes de agua transversales se-

cundarias a la principal, para poder navegar hasta el punto de destino y superar mediante acueductos las corrientes secundarias. En los canales proyectados en España, las presas tenían las características propias de azudes o presas vertedero, al ser rebasadas por las aguas. Las características constructivas de las mismas, y el cuidado en el tratamiento de sus fábricas, las distingue, sin embargo, claramente de los azudes para el riego.

La localización de la presa para la alimentación del Canal Imperial de Aragón, en sustitución de la presa anterior de Carlos V, aguas abajo de Tudela, que alimentaba la Acequia Imperial del Siglo XVI, fue uno de los elementos que retrasaron en la segunda mitad del XVIII la construcción del Canal Imperial. La Acequia Imperial había dejado de llevar agua hasta Zaragoza, como consecuencia del sifón que fue necesario realizar bajo el Jalón para dar continuidad a las aguas. La necesidad de salvar el Jalón, mediante un acueducto, en sustitución del anterior sifón, llevó a situar inicialmente la nueva presa aguas arriba de Tudela, con grandes protestas de los vecinos, hasta que Sánchez Bort, con el apoyo de Pignatelli, demostró que podía ubicarse aguas abajo, en el Bocal, salvando en acueducto el río Jalón. Las dudas respecto a la ubicación de la presa se relacionaban con las dudas que en esos momentos ofrecían los procedimientos de nivelación, a escala territorial, y con las pequeñas pendientes que exigían los canales para la navegación.

De las presas o azudes de los canales de navegación construidos en España (aparte de la de Gasco), disponemos de los planos e incluso de descripciones históricas posteriores de la presa de San Andrés, cerca de Herrera de Pisuerga, con la que el Canal de Castilla cruzaba el río Pisuerga, y de la Presa de Pignatelli, para la derivación de las aguas del Ebro en el Canal Imperial de Aragón. La primera aparece recogida en los planos de Juan de Homar del Canal de Castilla (1806. Reed. 1992), y tenía como función igualar el nivel del río Pisuerga con el del canal en su nacimiento, para facilitar el cruce del río, y a ella se refería Sánchez Taramás en la traducción que hizo del "Tratado de Fortificación" de Muller (1769), destacando la robustez y la superficie convexa de su forma, labrada con sus dovelas, "sobre las cuales se derraman sus aguas sobrantes, sin que puedan recibir daño alguno, por lo bien que quiebra y suaviza la corriente". El peligro de socavación de los taludes aguas abajo, llevaba a su fortalecimiento. Fue el caso de la presa de Pignatelli en el Canal Imperial de Aragón, en donde el fortalecimiento se consiguió a través de la continuidad del emparillado de pilotes rellenos de mortero de cal que constituyen el cimiento, sobre el cual se levantó el núcleo o cuerpo de la presa (formado por mampostería ordinaria), y la superficie de la presa, formada por piedra de sillería de la mejor calidad, con sus juntas rellenas por "betun de agua". Así nos la describe el Conde de

Sastago (1796), completando la descripción con la propia planta y perfil de la presa.

En la presa de Pignatelli, nos encontramos con los condicionantes a los que estaban sometidas estas presas o azudes, que al mismo tiempo que cortaban la corriente del río principal, en este caso el Ebro, tenían que permitir la navegación a través del mismo, lo que obligaba a establecer un alzado dentado, en uno de sus extremos, y a disponer esclusas abiertas en el cuerpo de la presa, próximas a los estribos, para el paso de la navegación en caso de niveles bajos de agua. En cualquier caso, se trata de una presa cuya altura no rebasa los 3 m.

La localización de la embocadura del canal, en la que eran posibles también soluciones sin presas que elevasen el nivel del agua, con el consiguiente peligro de inundaciones (lo cual podía ocurrir en ríos caudalosos y de suficiente calado, como se recoge por ejemplo en el manuscrito del siglo XVI de pseudo Juanelo Turiano), preocupaba a los tratadistas de la época, empezando por Belidor, ya que como decía Sánchez Taramás (1769) existe el peligro de que en las grandes avenidas se introduzca por ella una cantidad de agua excesiva para el canal. Para evitarlo, proponía hacer una balsa, con las correspondientes esclusas en la embocadura del canal, con el fin de facilitar el paso de las embarcaciones en todo tiempo. Si se trataba de una acequia de riego sencilla, estas compuertas no tenían problema, pero si se trataba de un canal de navegación, como el Canal Imperial de Aragón, que derivaba las aguas del Ebro, la casa de compuertas próximas a la presa, debía ser una edificación singular.

La casa de compuertas del Canal Imperial de Aragón, y la presa de Pignatelli, forman parte del paraje singular del Bocal, que engloba el nacimiento de la Acequia Imperial del XVI y del Canal Imperial del XVIII, con el palacio de Carlos V, los restos de la presa de la Acequia, el puente de acceso al Bocal sobre el canal, y el nuevo poblado del Bocal construido en las márgenes del canal, conjuntamente con los paseos arbolados del poblado. Se trata de un entorno de una gran belleza, aguas abajo de Tudela, en el término de Fontellas, que nos recuerda la capacidad de transformación de la naturaleza, en sentido positivo, que han tenido siempre las obras de ingeniería.

La casa de compuertas del canal en el Bocal, refleja la formación arquitectónica de los ingenieros militares que la proyectaron, con un aprendizaje de las ordenes parecido a la formación que estaban recibiendo en la Academia los arquitectos, como reflejan "La Science des ingenieurs ..." de Belidor (1729), los proyectos de edificación de las nuevas poblaciones del XVIII, civiles y militares, la propia arquitectura civil proyectada en los arsenales de la armada y en ciudades plaza militar, o el propio proyecto de Lemaur para el palacio de Rajoy en Santiago de Compostela. Estas enseñanzas las continuará Durand a partir de prin-

cipios del siglo XIX, para facilitar el ejercicio de la arquitectura a los ingenieros civiles que se formaban en Francia en la École Polytechnique. La casa de compuertas, con su forma rectangular, en un extremo de la presa de Pignatelli, remata la sala de compuertas inferior con dos pisos superiores para viviendas. El interior de la sala, con su gran luz, y su única crujía, decía José A. Fernández Ordóñez (1984) "es espléndido y único en el siglo XVIII, tanto por su magnitud, como por su funcionalidad, su belleza y magnífica conservación".

### 3.2. La alimentación de agua, la traza y la sección

Lo que hace singular a los canales de navegación, aparte de las esclusas, es la necesidad constante de alimentación de agua. El canal es, como dice Pierre Pinon (1986), una máquina a la escala del territorio. La utilización de las esclusas supone una pérdida de agua del nivel superior al inferior. A ello se unen las pérdidas por evaporación y filtración. Si el canal no se alimentase de agua constantemente, se vaciaría. El canal de derivación más sencillo, es aquel que se alimenta de un río más elevado, con o sin esclusas, y lo comunica con otro de la misma cuenca. Así se construyeron los canales navegables, a partir de finales del siglo XV en la Lombardía. El canal más complejo, es aquel que une dos cuencas, debiendo superar el desnivel con esclusas o con grandes excavaciones. El primer canal de este tipo fue el Canal de Briare, proyectado y construido por Sully (por tanto de iniciativa privada) a partir de comienzos del XVII, para unir las cuencas de los ríos Loira y Sena, y mejorar el aprovisionamiento con productos alimenticios a París, al que se unirán después otros usos. El Canal de Briare, servirá de modelo al canal de Languedoc, proyectado y promovido por Riquet, para comunicar la cabecera del Garona en Toulouse con el mar, uniendo por tanto el océano Atlántico como el Mediterráneo. La unión entre mares, necesitó el complemento del canal lateral del Garona, construido en los años treinta del siglo XIX, que constituye para Pinon, el tercer tipo, y más tardío, de los canales de navegación. La imposibilidad de canalizar el río por las características de su cauce, tiene como alternativa la construcción de un canal lateral, siguiendo las márgenes del mismo. Su alimentación se realiza desde el propio río, en el momento en que se encuentran a un mismo nivel, o por su red de afluentes, con simples tomas de agua.

La función a la que se destinaban los canales, condicionaban su traza y su sección. Es sintomática la disputa que nos cuenta Juan Helguera (1992) que se produjo entre Antonio Ulloa y Carlos Lemaur, con motivo del proyecto y la construcción de los primeros tramos del ramal de Campos del Canal de Castilla. La propuesta de Lemaur en el Proyecto General de 1753, de hacer compatible la nave-



La casa de compuertas de el Canal Imperial de Aragón en el Bocal.

gación con el riego, aún a consta de construir un gran embalse de alimentación en la cabecera del canal, para permitir unos caudales mínimos para la navegación, chocó con la obstinación de Antonio Ulloa (primer director de las obras del canal), que quiso subordinar todo (sección, pendiente, obras de fábrica) a las exigencias de la navegación, con pendientes que se acercasen a los 3 cm cada kilómetro. A esta exigencia de limitación de pendientes (para introducir las menores dificultades a la navegación en contracorriente), se unía la propia rigidez del trazado en planta y las condiciones estrictas de la sección del canal para la navegación. Las modificaciones de trazado proyectadas por Lemaur, iban orientadas a disminuir los costes de excavación y las obras de fábrica, y a localizar la traza del canal por aquellas tierras que pudieran ser más beneficiadas por el regadío.

La situación inicial del Canal Imperial de Aragón era distinta, ya que el planteamiento inicial del mismo, era el de transformación de la anterior Acequia Imperial del siglo XVI, en un canal de navegación, manteniendo la función de riego, que por la otra margen del Ebro aparecía complementada con el Canal de Tauste, desde su nacimiento aguas abajo de Tudela y aguas arriba del Bocal. El Plano General de los Canales Imperiales de Aragón y Real de Tauste que reproduce el Conde de Sastago (1796), muestra que la herencia de la Acequia estaba presente, aunque con pequeñas regularizaciones en la traza del Canal Imperial (excepto en el primer tramo, correspondiente a la nueva derivación del Bocal), en donde la topografía se impone en estos casos, por su función anterior de riego, a las alineaciones de los trazados, presentes también en los caminos reales. Una manera de comparar ambas trazas, es a partir del Plano General que Sebastián de Rodolphe levan-

tó en 1746 de la Acequia Imperial. El análisis de los distintos trazados que se hicieron para el Canal Imperial de Aragón, siguiendo el recorrido de la Acequia, pueden verse en la publicación "Planos Históricos de Obras Hidráulicas" (CE-HOPU, 1985), y el comentario de los mismos por parte de Fernando Sáenz Ridruejo, con modificaciones mayores de la traza inicial de la Acequia Imperial, a partir del cruce del Jalón.

La sección de los canales de navegación, con el cauce principal en sección trapezoidal, las banquetas de los márgenes con sus caminos de sirga para el arrastre de los barcos, y el arbolado lateral de las mismas, se ajustaba a las dimensiones que se establecieron inicialmente para hacer posible la navegación, manteniéndolas constantes a lo largo de todo el recorrido. Si a la función de la navegación se unía la del riego, los mayores caudales necesarios (para que con la pérdida del riego fuese posible la navegación), obligaban a mayores profundidades de la caja. Esto es lo que ocurrió en el Canal de Castilla, en donde a pesar de la rigidez de la Instrucción de Antonio Ulloa de 1753, pensada para la navegación, la profundidad del canal se aumentó en los tramos en los que el aprovechamiento de regadío podía ser importante.

El ancho del nivel de las aguas, debía ser el suficiente para el cruce de dos barcos ( en el Canal de Languedoc se estableció una anchura media de 60 pies), mientras que el ancho del fondo se establecía a partir de la profundidad, considerando un declive de cinco pies a cada lado, para la estabilidad de los taludes de cauce. En el caso del Canal de Castilla, la anchura del nivel del agua es de 40 ó 44 pies, y la profundidad de unos 7 pies, suficientes para la navegación de los barcos, que admitía como decía Sánchez Taramás (1769), la pérdida de 2 pies como consecuencia del regadío. La anchura media del nivel de las aguas del Canal Imperial, era aún mayor que en el Canal de Languedoc, al tener 64 pies, y su profundidad de 9 pies, permitía como decía el Conde de Sasago, que construidas las almenaras de riego a cinco pies más arriba de la solera, corriesen siempre por el canal 4 pies de agua, que es la suficiente para todo el riego, y quedasen cinco pies para navegar los barcos de mayor porte "singularidad que antepone esta obra a cuentas de su naturaleza se encuentran celebradas en las demás Naciones".

En los canales solo de riego, la sección era mucho menor, función de la longitud y la superficie regable, distinguiéndose además claramente de los de navegación por la ausencia de las banquetas laterales y de esclusas para superar los barcos los desniveles del cauce. Sin embargo, en estos canales, por su menor sección, y la menor dependencia que la navegación de la alimentación constante de agua, aparece como un elemento importante la condición de impermeabilidad, conseguible hoy con hormigón, y en el pasado parcialmente con piedra de escollera

y arcilla. La escollera estaba presente también, en algunos tramos de los canales de navegación, para evitar el deterioro de los taludes de la caja.

### 3.3. Las pendientes y las esclusas del Canal

Una decisión fundamental de trazado, que condicionaba su propia funcionalidad, era la pendiente del canal, que implicaba la nivelación de todo el tramo atravesado por el mismo, con errores mínimos, ya que esos errores, durante la construcción del canal, obligarían a mayores movimientos de tierra, y a la disposición de esclusas en tramos no previstos, o lo que es peor, a tener que forzar las pendientes (con tramos en contrapendiente), para superar un obstáculo geográfico mediante acueductos en el cruce de un río transversal a la cuenca principal. Las dudas en la ubicación de la presa de alimentación del Canal Imperial de Aragón, para conseguir llevar las aguas hasta Zaragoza, evitando atravesar el Jalón mediante sifón (como lo hacía la Acequia Imperial del XVI), se relacionaban con estos problemas de nivelación, en un canal que intentaba hacer compatible la navegación con el riego.

Esta compatibilidad, en el caso del Canal de Castilla, formó parte de los debates entre Antonio Ulloa y Carlos Lemaur en la construcción del Ramal de Campos. Las mayores pendientes que permitían los canales de riego y navegación, eran favorables, como defendía Lemaur, desde el punto de vista económico, al exigir menores movimientos de tierra. La exigencia de pendientes mínimas estaba prevista en la Instrucción de Antonio Ulloa de 1753, para disminuir la velocidad del agua en el canal, con el objeto de que fuera más fácil navegar contra corriente. Otra exigencia de la misma Instrucción era la disminución al máximo del número de esclusas, puntos de ruptura de la navegación, aunque fuera a consta de mayores movimientos de tierra.

Mientras que los acueductos, que suponían la continuidad de las aguas del canal por encima de los niveles inferiores del terreno, y los pasos superiores, a los que luego nos referiremos, conjuntamente de los acueductos, la continuidad de los caminos transversales (y en general de la estructura territorial anterior) sobre la discontinuidad causada por el canal, seguían toda una tradición anterior de las obras de fábrica, las esclusas eran, conjuntamente con la alimentación del agua, el talón de aquiles del canal, que condicionaba su propia funcionalidad.

Las esclusas no eran exclusivas de los canales de derivación para la navegación, ya que para hacer navegables los ríos, y superar los desniveles de sus cauces, se venían utilizando ya desde el medievo. El origen histórico de las esclusas, se remite a la sustitución en el Gran Canal Chino, en el año 948, de un plano inclinado por dos puertas móviles separadas 75 m. La gran innovación en el sistema de



Acueducto sobre el Jalón, en el Canal Imperial de Aragón.

apertura de compuertas, la propuso Leonardo da Vinci que en el Codex Atlánticus, representaba esclusas con compuertas tipo mitra, de apertura horizontal. Los modelos de esclusas del Canal de Briare, en las primeras décadas del siglo XVII, y sobre todo del Canal de Languedoc, construido por Riquet entre 1665 y 1681, van a repetirse en otros canales en Europa iniciados en el XVIII, como será el caso del Canal de Castilla y del Canal Imperial de Aragón. Las experiencias directas de la construcción de los canales del XVII, serán transmitidos por Beldor en su "Architecture Hydraulique" (1737-1739), que será a partir de entonces el libro de cabecera de los ingenieros hidráulicos militares.

En España, como dice Nicolás García Tapia (1988), el estado de la técnica de los canales y esclusas en la mitad del siglo XVI puede estudiarse en "Los veintiún libros de los ingenios y las máquinas" de Pseudo Juanelo Turriano (1983). En el no aparece, sin embargo, ninguna compuerta tipo mitra. Estas compuertas fueron construidas por primera vez por Juan Bautista de Toledo en los canales que a mediados del siglo XVI se proyectaron para el abastecimiento de las fuentes y para la navegación de paseo en Aranjuez. Los proyectos de navegación interior, apoyados en las cuencas de los principales ríos, que se sucedieron en España en esta época, como el de Antonelli para la navegación de Tajo hasta Toledo, fracasaron. Las experiencias de los canales franceses del XVII, se transmiten en España en los canales del XVIII, a partir de los proyectos del Canal de

Castilla, o del Imperial de Aragón, reproduciendo los mismos modelos de esclusas.

Las formas ovaladas de las esclusas del Canal de Languedoc (con la monumentalidad por ejemplo de las 8 esclusas seguidas de Fonserannes), las vemos repetidas en el Canal de Castilla (Calahorra de Ribas y Fromista, son sus mejores ejemplos) o en el Canal Imperial de Aragón (esclusas de San Carlos o de Valdegurriana).

La forma ovalada, con sus muros de sillares de acompañamiento, repetidos en los distintos niveles, unidos por escaleras que contienen la forma de los muros, y justificados por la mayor amplitud para el cruce de las embarcaciones (frente a las esclusas rectangulares posteriores), conforman entornos singulares del canal de una gran belleza, a pesar de la desaparición hoy de las compuertas para la navegación, y su sustitución por pequeñas compuertas para el riego. Mejoras posteriores de las esclusas del XVIII, se orientarán hacia la búsqueda de la economía en la pérdida del agua, y a facilitar la apertura y el cierre de las mismas.

### 3.4. Los pasos superiores, los acueductos y las almenaras

Las obras de fábrica más significativas de los canales, aparte de aquellas que servían de fundamento a las esclusas, estaban formadas por los puentes o pasos superiores

sobre el canal, y los acueductos. A ellas hay que añadir las almenaras, en el caso de los canales de riego, y los muros que delimitan las dársenas.

Los pasos superiores sobre el canal, se salvan con un solo vano, aunque la cimentación del puente reduce el ancho del canal, avanzando sobre el arranque del arco, con el fin de crear un pequeño paso lateral que de continuidad en un nivel inferior a las márgenes del canal. La disminución de la sección del cauce, se resalta a veces mediante muros laterales, que en el caso de los puentes del Canal de Languedoc o Midi, conforman pequeños muelles que sirven de embarcaderos. La mayor reducción de la luz, se produce cuando se hace coincidir el paso superior con el final de las esclusas, saltando sobre los muros que sirven de fundamento a las mismas, conformando un paisaje, visto desde la parte superior de las esclusas (como en Fromista, en el Canal de Castilla) que se abre a los restantes pasos superiores del canal, en donde la linealidad de la lámina del agua (desaparecidas ya las compuertas), se mezcla en el caso del Canal de Castilla con la propia horizontalidad del paisaje, en el que solo destacan los árboles que jalonan los caminos de sirga.

La continuidad del transporte lateral de los barcos del canal en los pasos superiores, se conseguía elevando los caminos de sirga mediante rampas que buscaban las márgenes del canal. A estas rampas se acomodaban los muros de los estribos de los pasos superiores, que remataban en curvas que buscaban el entronque entre la rampa del caminos de sirga y el nivel del paso superior. Estos estribos eran de mayor ancho que el tramo central de los puentes que salvan el canal. La solución funcional del camino transversal a distinto nivel, de la doble circulación, la del canal y sus caminos de sirga, y la del paso superior para el acceso a las villas del entorno, dio lugar a un puente normalizado en sus dimensiones y en sus fábricas, que caracteriza el paisaje de cada canal.

Los pasos superiores, por ejemplo, del Canal de Languedoc o de Midi, son de una enorme belleza en el acceso a las villas, con una gran cuidado en sus fábricas, bóvedas rebajadas de sillería que se alzan sobre el nivel del canal y sus caminos laterales, aristones de sillería para rematar la transición de los muros de los estribos, estribos y pretiles de ladrillo, que rematan a nivel superior mediante impostas y albardillas. Modelo de este tipo de pasos es, por ejemplo, el puente de acceso de Caltelnudary. Aparte de los dibujos que Belidor reproduce de estos pasos del XVII, el tratado fundamental para relacionarnos con los puentes del siglo XVIII, es el libro de Perronet sobre "Construire des Ponts au XVIII Siecle" (1788. Reed. 1987). En él, Perronet, nos relaciona con los detalles de la traza, sección, pasos superiores y acueductos del Canal de Bourgogne, para unir el tramo superior del Rodano con el del Sena, y en último término el Mediterráneo con el Atlántico.

En los pasos superiores sobre el canal, que no servían de acceso a las villas, la sobriedad en la elección de los materiales, e incluso en la propia longitud de los muros de acompañamiento de los estribos, era más estricta. A pesar de ello, los pasos superiores con bóvedas de piedra o ladrillo, sirven hoy para caracterizar el paisaje de los canales, dando continuidad a un nivel superior, a la red viaria transversal y a los caminos de sirga.

En el caso del Canal Imperial de Aragón, el paso superior más interesante es el de Formigales, de acceso al Bocal, con bóveda de sillares, y dovelas enlazadas que se prolongan en distintas roscas hacia la proximidad de los arranques. Los estribos son también de sillería, con desagüeros laterales, y todo ello rematado con rasante casi horizontal, por una imposta y un pretil de sillería. Al constituir este puente, el acceso al Bocal, y situarse en la proximidad de la nueva población (con su fonda), ha formado históricamente parte del paisaje del Canal, y aparece reproducido en las láminas de Blanchard de 1833, que acompañan a la reedición de la descripción del Canal del Conde de Sástago.

En el Canal Imperial nos encontramos con modelos normalizados de pasos superiores, con bóvedas y tímpanos de ladrillo (excepto en los arranques de las bóvedas con sillería) y arcos carpaneles en Gallur, Cortes, Ribaforada, Novillas, Buñuel, sirviendo de acceso a estos pueblos. El de Gallur, integrado hoy en la estructura urbana, fue ensanchado y suprimidos sus pretiles y accesos. El que mejor se conserva es el de Cortes, al haber sido sustituido en el paso sobre el canal por otro nuevo, pero el estado actual de sus accesos es lamentable, poniéndonos en relación con la poca valoración, a pesar de las descripciones históricas y su señalización actual, que tiene este patrimonio ingenieril.

La obra de fábrica, sin embargo, más interesante del Canal Imperial es el Puente- Acueducto sobre el Jalón. Su equivalente en el Canal de Castilla es el Acueducto de Abanades. El Conde de Sástago (1796), que recoge los planos, planta y perfiles del acueducto sobre el Jalón, con los muros de acompañamiento, las alcantarillas, la almenara de desagüe de San Martín, se refiere a las dimensiones del paso principal, con 4 arcos de 30 pies de diámetro (8,30 m), pilas de 11 pies, todo construido sobre pilotes. El arco de este acueducto es de 52 pies (9,5 m), y 9 de ancho de cada uno de los pretiles, en el que se incluyen los caminos laterales (de 2,5 m), que dan continuidad a los caminos de sirga. A pesar de su difícil acceso, como dice José A. Fernández Ordóñez (1984) "pocas obras de fábrica del siglo XVIII en España tienen tanta información y referencias históricas constructivas como el acueducto con el que el Canal Imperial de Aragón sobrepasa el río Jalón".

Obras fundamentales de los canales, cuando a la función de la navegación se unía la de riego, eran las alme-

naras. La almenara de San Martín, en el propio acueducto del Jalón, es la más espectacular, por el cuidado de la fábrica y la cascada que forman sus treinta escalones, y su función era y es regular al caudal que pasa por el acueducto, eliminando el sobrante. El Conde de Sástago (1796) recogía planos de las almenaras del Canal Imperial, cuya función podía ser de desagüe o de riego. Las primeras decía "sirven como de templador de la altura de las aguas, lo que nunca debe ser mayor, que la necesaria para poder verificar con comodidad los dos objetivos del Canal, a saber el riego de los campos y uso de los molinos, y la navegación. Un descuido en esta parte puede ocasionar algún desplome en el canal, y su rotura el perjuicio de no correr sus aguas en muchos meses". Las almenaras de riego, merecen igual vigilancia: "las aguas nunca se deben dar y distribuir sino con un conocimiento, y cálculo prudente del caudal que se necesita para regar los campos, o para andar los Molinos, Batanes o Norias, pues el exceso o superabundancia en esta parte ocasionaría inundaciones que perjudicarían infinito a los campos, y a los riegos particulares, y la escasez imposibilitaría el uso de las máquinas". Indudablemente las almenaras de desagüe son las que requieren más cuidado, disponiéndose casetas laterales al canal para su control, desde donde parten los canales de desagüe hasta la margen inferiores del muro. En las almenaras de riego, como se ve en los detalles del Conde de Sástago, se solucionan con una pequeña caseta con trampilla, para el desagüe con una tajea del nivel superior de las aguas del canal.

### 3.5. Las dársenas, la navegación y las industrias de los canales

Las dársenas extremas de los ramales del Canal de Castilla, en Alar de Rey, Medina de Rioseco, Valladolid, Palencia, junto con otras menores en puntos intermedios, equipadas con almacenes, talleres, máquinas de carga y descarga (como la grúa que todavía existe en la dársena de Valladolid), nos remiten a un transporte de mercancías tardío, con barcazas primero de madera y luego metálicas arrastradas por los caminos de sirga mediante mulas, hasta que a finales del XIX se introdujeron los transporte a motor, que quedaron abandonados de forma definitiva a mediados del siglo XX. El transporte de viajeros, sin embargo, fue mínimo en el Canal, aunque se establecieron algunas ventas a lo largo de su recorrido.

La navegación de pasajeros, fue más afortunada en el Canal Imperial de Aragón, como nos muestran las litografías de Blanchard (1833) que acompañan a la reedición de la descripción del canal del Conde de Sástago. La posada del Bocal, aún se conserva, y a este sitio llegaban barcos procedentes o en dirección a Zaragoza. Desde aquí, los carruajes trasladaban los viajeros a Tudela. El barco, de



Puente de Gallur en el Canal Imperial de Aragón.

madera, se movía por el canal a vela cuando el viento era favorable, o arrastrado por las mulas desde los caminos de sirga.

En el caso del Canal de Castilla, no solamente se localizaron almacenes e industrias en las dársenas, sino que el aprovechamiento industrial de los saltos de agua de las esclusas, dio lugar a la localización de numerosos molinos harineros, en donde las harinas elaboradas en los molinos del canal, se transportaban, apoyándose en el camino real de Reinosa, hasta el puerto de Santander. En torno a las esclusas del canal, se establecieron no solo molinos harineros (la principal industria), sino también industrias textiles, establecimientos metalúrgicos, molinos de papel, batanes, etc. Este mismo papel, aunque a otra escala, lo jugó el Canal Imperial de Aragón en el que el aprovechamiento industrial de sus aguas, para mover molinos, norias, industrias textiles, etc, ayudará como dicen Antonio de las Casas y Ana Vázquez (1999) a industrializar la región y a diversificar la actividad laboral.

Hoy, esta actividad industrial, ha desaparecido, y únicamente se mantiene una limitada producción hidroeléctrica en el salto de Casablanca y en la presa de Pignatelli. El uso paradójicamente que tiene hoy el Canal Imperial, aparte para el riego y el aprovechamiento hidroeléctrico, es para el abastecimiento de agua a Zaragoza y a las industrias y poblaciones del entorno. A finales del siglo XX, según Fernando Sáenz Ridruejo (1998), el canal suministraba 70 Hm<sup>3</sup> a la ciudad, recaudándose para el abastecimiento 200 millones de pesetas, frente a los 150 percibidos del riego. El Canal Imperial, nacido como acequia de riego en el XVI, reconvertido en canal de navegación en el XVIII, utilizado como fuente de energía a finales del XIX, tiene

hoy como uso prioritario el abastecimiento de agua. De ello deriva Sáenz Ridruejo que las utilidades múltiples cambiantes con el tiempo, son una característica de las grandes obras públicas, que suelen superar con creces las previsiones y expectativas de sus creadores.

Una expectativa que hasta hace relativamente poco no estaba prevista en las obras públicas, era el valor patrimonial, cultural, urbano y territorial de las obras públicas. Los canales, con su escala territorial, y la singularidad de los elementos que los definen son, como decía José A. Fernández Ordóñez (1984) en relación al Canal Imperial, "un verdadero museo de obras públicas. Obras públicas de gran complejidad en donde encontramos presas, casas

de compuertas, esclusas, varaderos, dársenas, embarcaderos, almenaras, sifones, caminos, alcantarillados, pasos superiores, puentes de doble uso, acueductos sobre ríos, acueductos sobre el canal, talleres, molinos, norias, batanes, escuelas básicas, escuelas de arte y oficios, plantaciones de árboles, criaderos de ganado vacuno, lanar y caballar, máquinas de todo tipo para la construcción, navegación, dragado, producción de manufacturas, mantenimiento, ..., y hasta una plaza de toros". Todo este rico patrimonio de obras públicas -decía José Antonio- necesita un decidido apoyo para su conservación, que nunca debe estar reñido con la realización de continuas mejoras en el funcionamiento de los canales. ◆

#### Referencias:

Bibliografía sobre los canales en la España del Siglo XVIII.

-Belidor, M. "Architecture Hydraulique" (4 volúmenes). París 1750-1782.  
 -Capel, M y otros. "Los Ingenieros militares en España. Siglo XVIII. Repertorio Biográfico e inventario de su labor científica y espacial". Barcelona 1983.  
 -Díaz-Marta Pinilla, M. "Las obras Hidráulicas en España". 1ª Ed. 1969. Reed. Madrid 1997.  
 -Díaz-Marta Pinilla, M. "Realismo y Utopía en los Proyectos Hidráulicos de la Ilustración y el Romanticismo" en MOPU y CEHOPU. Planos Históricos de Obras Hidráulicas. Madrid 1985.  
 -Fernández Ordóñez, José A. (Dir), Martínez Vázquez de Parga, Rosario (Cord.) y otros. y otros "Catálogo de treinta canales Españoles anteriores a 1900". Colegio de Ingenieros de Caminos, C. y P. CEHOPU. Madrid 1986.  
 -García Tapia, N. "Técnica y Poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII". Junta de Castilla y León. Valladolid 1989.  
 -González Tascón, I. "Fábricas Hidráulicas Españolas". MOPU y CEHOPU. Madrid 1987.  
 -Helguera Quijada, J.; García Tapia, N.; Molinero Hernando, F. "El Canal de Castilla". Junta de Castilla y León. Valladolid 1988.  
 -Homar, Juan de. "El Canal de Castilla. Cartografía de un proyecto ilustrado". CEHOPU. Madrid 1992. Estudio preliminar de Juan Helguera Quijada.  
 -Junta de Castilla y León. "El Canal de Castilla. Un Plan Regional". CEHOPU. 2004.  
 -Lemoine, Bertrand. "L'évolution de la technique de construction des canaux" en Pinon (Cor.). París 1986.  
 -Lorenzo Pardo, M. "Plan Nacional de Obras Hidráulicas". 1ª Ed. 1933. Reed. Coment. 1993, con artículos de Díaz-Marta, M; Sáenz Ridruejo, C. y F. entre otros.

-MOPU Y CEHOPU. "La Obra Pública Patrimonio Cultural". Madrid 1986, con un artículo introductorio de José A. Fernández Ordóñez.  
 -MOPU Y CEHOPU. "Planos Históricos de Obras Hidráulicas". Madrid 1985, con artículos introductorios de Manuel Díaz- Marta, Fernando Sáenz Ridruejo, Nicolás García Tapia, Juan Helguera, Eugenio Sánchez.  
 -Palacio Atard, V. "El comercio de Castilla y el puerto de Santander en el siglo XVIII. Notas para su estudio". Madrid 1960.  
 -Perronet, J. R. "Construire des Ponts au XVIII siecle". París 1788. Reed. Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. París 1987.  
 -Picon, A e Ivon, M. "L'Ingenieur Artiste". Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées. París 1989.  
 -Picon, A. "Architectes et ingenieurs au siecle des lumieres" Marseille, 1988.  
 -Pinon, Pierre (Cor.). "Un canal ..... des Canaux...." Picard Editeur. París 1986, con artículos de Pierre Pinon, Bertrand Lemoine, Anne Kriegel entre otros. Caixre Nationale des Moutments Historiques et de Sites/ Ministere de Culture.  
 -Rodríguez Villasante Prieto, J. A. "Tecnología y Arte de la Ilustración. La Arquitectura e Ingeniería de Sánchez Bort". Ferrol 1988.  
 -Rumeu de Armas, A. "Ciencia y Tecnología en la España Ilustrada. La Escuela de Caminos y Canales". Colegio de Caminos. Madrid 1980. "El testamento político del Conde de Floridablanca". Madrid. 1962.  
 -Sáenz Ridruejo, F. "Panorama de un Siglo de Problemática Hidráulica en España" en MOPU y CEHOPU. Planos Históricos de Obras Hidráulicas. Madrid 1985.  
 -Sambricio, Carlos. "Territorio y Ciudad en la España de la Ilustración". Madrid 1991.  
 -Sánchez Lázaro, T. "Carlos Lemaury y el Canal de Guadarrama". Colegio de Ingenieros de Caminos, C. y P. Madrid 1995.  
 -Sánchez Taramás, M. Traducción del Tratado de "Fortificación o Arte de construir los edificios

militares o civiles, escrito en inglés por Juan Muller". Barcelona 1769.

-Sánchez, J. E. "Los ingenieros militares y las obras públicas en el siglo XVIII" en Cuatro Conferencias sobre historia de la Ingeniería de Obras Públicas en España". CEHOPU. Madrid 1982.  
 -Straub, M. "History of Civil engineers". 1951.  
 -Turriano, Pseudo Juanelo. "Los Veintiún Libros de los Ingenios y las Máquinas" (2 volúmenes). Colegio de Ingenieros de Caminos, C. y P. Madrid 1983.  
 -Ward, B. "Proyecto Económico. Escrito en el año 1762". Ed. Org. Madrid. 1787. Reed. con estudios preliminar de José Luis Castellano. Madrid 1982.

Bibliografía específica sobre el Canal Imperial de Aragón.

-Casas, A. de las y Vázquez, A. "El Canal Imperial de Aragón" CA100. Zaragoza 1999.  
 -Fernández Ordóñez, José A. "A Propósito de esta Edición" en Sástago, Conde de. Reed 1984.  
 -Marcuello Calvin, J. R. "El Canal Imperial de Aragón". Cuadernos de Cauce 2000. Nº7. Colegio de Ingenieros de Caminos, C. y P.  
 -Pérez Sarrión, A. "Agua, agricultura y sociedad de el siglo XVIII. El Canal Imperial de Aragón 1766-1808". Zaragoza 1984. "El Canal Imperial y la Navegación hasta 1812". Zaragoza 1975.  
 -Sáenz Ridruejo, F. "Algunos aspectos poco conocidos en la historia del Canal Imperial de Aragón". En Sastago, Conde de. Reed. 1984. "El Canal de Aragón antes y después del Conde de Sástago". En Sástago, Conde de. Reed. 1998.  
 -Sástago, Conde de. "Descripción de los Canales Imperial de Aragón y Real de Tauste. 1796". Reed. de 1984. MOPU, CEHOPU, con artículos introductorios de José A. Fernández Ordóñez y Fernando Sáenz Ridruejo. Reed. de 1998. Ministerio de Fomento. CEHOPU, con estudios introductorios de Juan Alfonso Vidal y Fernando Sáenz Ridruejo.