

Revista del
Ministerio de

Marzo 2017 Nº 670 3€

Fomento



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

BICENTENARIO DEL
TEATRO REAL Y SELLO
CONMEMORATIVO

CALE EN LOS TÚNELES DE
BOLAÑOS, EN LA LAV
MADRID-GALICIA

REHABILITACIÓN DEL
PUENTE MAYOR DE
CASTROGONZALO

RÉCORD HISTÓRICO DE
PASAJEROS EN LA RED DE
AEROPUERTOS DE AENA



Revista del Ministerio de

Fomento

Julio-Agosto 2016 ● Nº 663 ● 6 €



El correo y las comunicaciones postales en España (1716-2016)



MONOGRÁFICO

Julio-Agosto 2016

PVP: 6 €



MINISTERIO
DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91

Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)

Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

Director de la Revista: Antonio Recuero.

Maquetación: Aurelio García.

Secretaría de redacción: Ana Herráiz.

Archivo fotográfico: Vera Nosti.

Portada: Javier del Real/Teatro Real.

Elaboración página web:

www.fomento.gob.es/publicaciones.

Concepción Tejedor.

Suscripciones: 91 597 72 61 (Esmeralda

Rojo Mateos).

Colaboran en este número: Marián Campa, Pepa Martín, Begoña Olabarrieta y Javier R. Ventosa.

Comité de redacción: Presidencia:

Rosana Navarro Heras.

(Subsecretaría de Fomento).

Vicepresidencia:

Alicia Segovia Marco.

(Secretaría General Técnica).

Vocales: Patricia Crespo González

(Directora de Comunicación), Pilar Garrido

Sánchez (Directora del Gabinete de la

Secretaría de Estado de Infraestructuras,

Transporte y Vivienda), Belén Villar Sánchez

(Jefa del Gabinete de la Subsecretaría),

Mónica Marín Díaz (Directora del Gabinete

Técnico de la Secretaría General de

Infraestructuras), Mª José Rallo del Olmo

(Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría

General de Transportes), Regina Mañueco

del Hoyo (Directora del Centro de

Publicaciones) y Antonio Recuero (Director

de la Revista).

Dirección: Nuevos Ministerios. Paseo de la

Castellana, 67. 28071 Madrid.

Teléf.: 915 978 084. Fax: 915 978 470.

Redacción: Teléf.: 915 977 264 / 65.

E-mail: cpublic@fomento.es

Dep. Legal: M-666-1958. ISSN: 1577-4589.

NIPO: 161-15-005-0

Edita:

Centro de Publicaciones.
Secretaría General Técnica
MINISTERIO DE FOMENTO

Esta publicación no se hace necesariamente solidaria con las opiniones expresadas en las colaboraciones firmadas.

Esta revista se imprime en papel 100% reciclado a partir de pasta FSC libre de cloro.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

FILATELIA

02

EL REAL, O LA FUERZA DEL DESTINO.

UN SELLO MUY ESPECIAL HOMENAJEA LA LARGA HISTORIA DEL TEATRO REAL.



FERROCARRIL

10

BAJO LA MONTAÑA GALLEGA.

INNOVACIÓN EN LOS TÚNELES DE BOLAÑOS, EN EL TRAMO LUBIÁN-OURENSE.



SALVAMENTO MARÍTIMO

18

UNA MANO TENDIDA EN LA MAR.

SALVAMENTO MARÍTIMO PRESTÓ AUXILIO A UN TOTAL DE 17.921 PERSONAS DURANTE 2016.



CARRETERAS

24

REHABILITACIÓN EN EL ESLA.

REPARADO DE EMERGENCIA EL HISTÓRICO PUENTE MAYOR DE CASTROGONZALO, DAÑADO POR UNA CRECIDA.



32. TRAS LOS SECRETOS DEL COSMOS.

INVESTIGADORES ESPAÑOLES DESARROLLAN PROYECTOS PUNTEROS DE OBSERVACIÓN ASTRONÓMICA A TRAVÉS DE ALMA.

40. UN AÑO PARA RECORDAR.

LA RED DE AENA ALCANZA SU MEJOR REGISTRO HISTÓRICO Y SUPERA LOS 230 MILLONES DE PASAJEROS EN 2016.

46. A TODO VAPOR.

EL TREN MINERO DE RIOTINTO CONSERVA ALGUNAS DE LAS MÁQUINAS DE VAPOR MÁS ANTIGUAS DE ESPAÑA.



UN SELLO MUY ESPECIAL HOMENAJEA LA LARGA HISTORIA DEL TEATRO REAL

El Real, o la fuerza del destino



REDACCIÓN: R. FOMENTO. FOTOS: JAVIER DEL REAL. TEATRO REAL

Comenzado a construir en 1818 por expreso deseo de Fernando VII, el Teatro Real, próximo ya a sus dos primeros siglos de vida, como los grandes protagonistas de las óperas representadas en su escenario, ha conocido todos los avatares del destino: De escenario de las mejores galas de ópera desde mediados del XIX, pasando por las penurias de un largo cierre y abandono, o su reconversión en cuartel y polvorín durante la Guerra Civil; vivió luego una remodelación en los sesenta para adecuarlo como sala de conciertos y, desde 1997, renació otra vez como gran teatro de la ópera. La trayectoria del Real es sin duda tan grande como su vida, y un sello impulsado por Correos y la Comisión Filatélica del Estado busca rendirle un justo y merecido homenaje.

Como en sus mejores noches de estreno, el Teatro Real se vistió de gala el pasado 15 de marzo para conmemorar una efemérides inminente y muy especial: sus primeros dos siglos de vida, acontecimiento que se suma a otra fecha también muy señalada en su ya muy larga y azarosa historia: los primeros 20 años de su nueva etapa, tras la cuidadosa restauración iniciada en 1991 y felizmente concluida seis años después, en 1997, que volvió a situarlo de nuevo entre los mejores escenarios operísticos del mundo, una magna obra que le ha permitido codearse desde entonces de igual a igual con los mejores de su categoría, como la Scala de Milán, el Teatro de la Ópera de París o el Covent Garden londinense.

Correos y la Comisión Filatélica del Estado, en la que está integrado el Ministerio de Fomento a través de su Secretaría General Técnica, junto al Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas, han querido aportar también su granito de arena a los actos de celebración de unas fechas tan entrañables en la historia del gran edificio, sumándose a ellos con la edición de un sello conmemorativo. La estampa impresa en la Real Casa de la Moneda y Timbre tiene como motivo la fachada principal del Teatro Real que, como un consagrado protagonista, hace su aparición en el escenario del mismo Teatro. Se trata de una imagen interactiva, grabada en una hoja bloque troquelada y desplegable, que permite ampliar su tamaño si se despliegan las pestañas que representan las cortinas y las butacas, viéndose así el sello completo. La emisión tendrá una tirada de 180.000 ejemplares y busca consolidar y divulgar la imagen del Teatro Real, un pequeño homenaje que pretende sumar valor a un escenario musical irrepetible por el que han pasado muchas de las grandes figuras del *bel canto* de todos los tiempos.

No es esta la primera ocasión en que el Teatro Real cobra el máximo protagonismo filatélico. Ya en 1997 y coincidiendo precisamente con su reapertura, fue objeto de una emisión con dos sellos de distinto valor, uno con la fachada del Teatro y otro dedicado a la memoria del gran tenor Miguel Fleta. También, con anterioridad, en 1992, con motivo de la proclamación de Madrid como Capital Cultural Europea, Correos hizo una emisión con varios sellos de edificios representativos madrileños, uno de los cuales era el Teatro Real.

Historia

La construcción del Teatro Real se remonta al año 1818 y tuvo su más firme valedora en la reina María Cristina, cuarta esposa de Fernando VII, entusiasta aficionada al *bel canto*, pasión de la que se había impregnado en los mejores coliseos italianos de la época: el

Fenice de Venecia; el napolitano Real de San Carlos, o la grandiosa Scala de Milán, de los que era una fiel asidua. La ópera italiana no era, sin embargo, una novedad en nuestro país. Muy cercano al lugar en que comenzara a levantarse el Teatro Real, existía ya el llamado teatro de los Caños del Peral, nombre heredado de los canalillos que abastecían al lavadero de igual nombre, situado en la actual plaza de Isabel II. Se trataba, según todas las crónicas, de un modesto edificio levantado en 1708 y costeadado por la propia compañía italiana de Francesco Bartoli, como era costumbre en la época. Más de un siglo después y por expreso deseo de Fernando VII, que encomienda al arquitecto Isidro González Velázquez la construcción de una plaza monumental frente a Palacio, se adquirió aquel viejo teatro; se derribó, y sobre su solar comenzó a levantarse el nuevo Teatro Real según proyecto del arquitecto mayor de Madrid, Antonio López Aguado, discípulo de Juan de Villanueva y uno de los grandes maestros del neoclasicismo madrileño, a quien se deben entre otras notables obras la Puerta de Toledo y el diseño del Parque del Capricho, en la Alameda de Osuna.

Su proyecto arquitectónico para el Real dejó para la posteridad su característica planta en forma de hexágono irregular, un diseño forzado por las característi-



► Vista del Teatro Real desde la Plaza de Oriente.

HOMENAJE FILATÉLICO A UN GRAN REFERENTE DE LA MÚSICA Y LA CULTURA

POR ALICIA SEGOVIA MARCO*

Con especial agradecimiento al Presidente del Patronato del Teatro Real, D. Gregorio Marañón y Bertrán de Lis.

Con la emisión del denominado "Sello del Teatro Real" se conmemoran los 20 años de reinauguración del mismo, en 1997, después de una rehabilitación arquitectónica compleja y pionera, cargada de sofisticación, pero con plena funcionalidad.

Es necesario detenerse en el diseño de este sello conmemorativo pues también es una obra pionera y original, que no deja indiferentes ni a los coleccionistas ni tampoco a los aficionados a la filatelia. Se trata de un "artefacto", más que un sello, que contiene una hoja en bloque donde se aprecian las butacas y las cortinas desplegadas enmarcando la imagen y al fondo, como protagonista principal el imponente edificio del Teatro Real.



El diseño es fruto del trabajo y la imaginación de la Real Casa de la Moneda y Timbre y de la Sociedad Estatal de Correos y Telégrafos, S.A. Ambos, mano a mano han conseguido crear una pieza de gran originalidad que reinventa el concepto del sello.

Este novedoso sello permite afirmar que la filatelia aún cuenta con vitalidad, en una época en la que está de moda sostener que los libros, las cartas, la prensa, la música clásica —o la buena música— han muerto.

Todos estos géneros y la filatelia en particular, necesitan una reinención para actualizarse a los nuevos tiempos.

En palabras de la autora del último gran estreno mundial en este Teatro Real, "La ciudad de las mentiras", y ganadora del Kunstpreis de Berlín, Elena Mendoza: "componer una obra significa, hoy en día, hasta cierto punto reinventársela como género".

Un viaje a través del protagonista del sello: el Teatro Real

Si bien es difícil contar con los conocimientos suficientes para saber cómo se compone una ópera, se puede gozar, con suerte, de la sensibilidad suficiente para disfrutarla. Así que, a través de "La ciudad de las mentiras" puede el espectador escaparse de la realidad, como sus cuatro protagonistas y recrear un universo paralelo a través de la historia del Teatro Real, en este caso, no basado en la mentira, sino en la imaginación.

Vijamos juntos 199 años atrás, a 1818, cuando se puso la primera piedra de este edificio, por orden del Rey Fernando VII, en donde estuvo con anterioridad el Teatro de los Caños del Peral.

También, en este viaje en el tiempo, pasamos por la primera inauguración, en 1850 con la ópera "La favorita", de Gaetano Donizetti.

► De izqda. a dcha., el presidente de Correos, Javier Cuesta; Pilar Platero, presidenta de la SEPT; Gregorio Marañón, presidente del Patronato del Teatro Real; Alicia Segovia, secretaria general técnica del Ministerio de Fomento; Ignacio García-Belenguier, director general del Teatro Real, y Jaime Sánchez Revenga, presidente de la Real Casa de la Moneda y Timbre durante el acto de presentación del sello.



cas del solar, con la fachada principal que mira a Palacio en forma semicircular, porticada, con cinco arcos en el frente y otros dos en los laterales para acoger el paso de los coches de caballos. Por su parte, la fachada posterior de la Plaza de Isabel II consta también de un pórtico con cinco arcos de medio punto, sobre el que se levantan la planta principal y otra superior.

Respecto a los interiores, López Aguado aplicó una exquisita racionalidad y trazó cuatro áreas bien diferenciadas: la zona reservada a los reyes, la zona destinada a uso público, la zona para actores, tramoya y espectáculo y, por último, la zona dedicada propiamente a la representación operística, con ante-escena, proscenio y doble proscenio.

Después se han sucedido numerosos éxitos que han hecho de este teatro un referente mundial:

► En 1854 tuvo lugar la primera representación de una ópera española, de Emilio Arrieta, *Ildegonda*, que ya se había presentado en Milán y en el Palacio Real de Madrid.

► En 1863 Verdi asistió en persona al estreno en Madrid de su ópera "*La fuerza del destino*" con un éxito apoteósico.

► De Verdi también destaca que su *Rigoletto* se ha representado 387 veces en este escenario.

► Y a Plácido Domingo, el público de Madrid le aplaudió durante 25 minutos gloriosos con motivo de otra ópera de Verdi, *Simon Boccanegra*, basada en la obra del gaditano Antonio García Gutiérrez.

► Otros hitos son la representación de la primera ópera de Wagner en 1876, "*Rienzi*" o que en 1921 Stravinsky dirigiera en persona su ballet *Petrushka*.

Estos son algunos de los muchísimos puntos álgidos de la historia del Teatro Real.

Sin embargo, el Teatro ha abierto también sus puertas al mundo de la política con mayúsculas. Así, es preciso hacer una mención especial al gran discurso sobre las ideas democráticas pronunciado en su sede por Emilio Castelar en 1854.

Además, este edificio ha vivido momentos curiosos, siendo escenario del Festival de Eurovisión en una ocasión y de diversos sorteos de la Lotería Nacional.

Hecho este viaje imaginario por la historia más lejana, llegamos a la más actual, cuando en 1997 SS.MM. los Reyes Don Juan Carlos y Doña Sofía

reinauguraron el Teatro Real, efeméride que es objeto de conmemoración del mundo de la filatelia y queda plasmada para siempre en este original sello.

Desde entonces la institución ha sido y es un punto de referencia mundial de la cultura, con estrenos absolutos como el reciente ya mencionado de "*La ciudad de las mentiras*", de Elena Mendoza, con la que se ha compartido este mundo imaginario de la historia de nuestro Teatro Real.

Pero el proyecto artístico del Teatro es, no solo un largo recorrido pasado, sino un futuro de éxitos, dado que se basa en la excelencia y el cuidado del repertorio, para lo cual se combina la lírica tradicional y la contemporánea, confirmando que es el espacio perfecto para la reinención de la ópera, lo cual incluye ampliar el público y difundir el conocimiento musical.

No es la primera vez que la filatelia y la música van de la mano pues se han emitido sellos con el propio Teatro Real en 1997 con motivo de su reinauguración, del gran tenor Miguel Fleta en ese mismo año, de Manuel de Falla, de Isaac Albéniz, de Enrique Granados, de Andrés Segovia y de la Semana de Música Religiosa de Cuenca (1986), por mencionar algunos.

En conclusión, esta fructífera unión, de sellos y música, se produce porque los sellos son pequeños portadores de gran valor, capaces de recoger en su imagen la grandeza cultural de un coloso musical, el Teatro Real, y extenderla hasta el último buzón del mundo

*Alicia Segovia Marco es Secretaria General Técnica del Ministerio de Fomento y Presidenta de la Comisión Filatélica del Estado



Fallecido en 1831, López Aguado no pudo ver terminada sin embargo su obra, si bien consiguió avanzar en el proyecto y ejecución de la fachada de la plaza de Isabel II y en los interiores. Tomó su relevo al frente del proyecto —cuya ejecución sufría frecuentes retrasos por la falta recurrente de fondos—, el arquitecto Custodio Teodoro Moreno, entre cuyos proyectos de mayor renombre en la capital figuran la restauración del puente de Segovia y la reconstrucción de la plaza Mayor, en la que participó junto a Juan de Villanueva tras los grandes daños ocasionados durante el incendio de 1790.

Iniciado en 1818, según proyecto del arquitecto mayor de Madrid, Antonio López Aguado, el Real se inaugura finalmente en 1850

Teodoro Moreno, al que se debe la magnífica maqueta del proyecto original de López Aguado, conservada en el Museo Municipal de Madrid, logra dar forma final al edificio y mantiene una gran fidelidad al proyecto origi-

nal de López Aguado, del que opinaba: *La armonía de las proporciones, la oportuna aplicación de los órdenes, y el estilo grandioso que reina así en todo, forma un todo correcto, y le dan toda la perfección que es susceptible a este edificio público; y siendo la voluntad del soberano que tenemos que entre las circunstancias que han de concurrir en la construcción de este teatro, sea*

► Fachada del Real sobre la Plaza de Isabel II.

LA COMISIÓN FILATÉLICA DEL ESTADO

El Ministerio de Fomento cuenta con la Comisión Filatélica del Estado como órgano consultivo con funciones en materia de emisión de sellos de correos y demás signos de franqueo. Estas mismas funciones se ejercen respecto del Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas, del que depende la Sociedad Estatal Correos y Telégrafos, S.A., por medio de la Sociedad Estatal de Participaciones Industriales.

La Comisión Filatélica del Estado, en concreto se encuentra adscrita al Ministerio de Fomento a través de la Subsecretaría y es presidida por el titular de la Secretaría General Técnica. Tiene como misión principal desarrollar la filatelia en España y contribuir a su revitalización. Esta labor se vincula fuertemente a la difusión de valores y señas de identidad culturales de nuestra sociedad, dado que los sellos van más allá del mero franqueo de correos y constituyen un elemento de divulgación de conceptos a través de sus imágenes. La emisión de sellos puede tanto reconocer efemérides concretas, como abordar la necesidad de dar publicidad y reconocer el valor de actividades que así lo merecen. Indudablemente, la exaltación de la cultura musical y de la primera institución de las artes escénicas en España, el Teatro Real, es una tarea a la que el mundo de la filatelia no podía ni quería ser ajeno.



► Fachada del Real sobre la Plaza de Oriente.

una, la de ser el mayor de los que existen. Pese a ese empeño o quizá también a causa del gran rigor que conllevaba la construcción, una larga sucesión de interrupciones demora la entrega final del edificio hasta el 31 de octubre de 1850, transcurridos casi 32 años desde su inicio. Con anterioridad, en septiembre, dieron comienzo las pruebas acústicas y de sonoridad, cosechando muy satisfactorios resultados, y el 19 de noviembre de 1850, coincidiendo con la onomástica de la reina Isabel II, tuvo lugar la solemne inauguración con una función de gala para la que no se escatimaron gastos. Se contrató a las grandes voces del momento: la contralto Alboni, el barítono Barriolhet, la soprano Gardoni y el maestro de orquesta Michele Rachele. La gala cosechó un éxito rotundo y se abrió así una primera etapa de brillantes y clamorosos triunfos musicales en el regio coliseo. Se dieron magníficas representaciones de Meyerbeer, Donizetti y, enseguida, de Verdi, cuya Traviata fue bien pronto una de las grandes favoritas del público. Verdi y sus continuos éxitos en el Real acabaron atrayéndolo a la capital, donde fijó residencia con motivo del estreno de *La fuerza del destino*, cuyos ensayos dirigió en febrero de 1863, alojándose para la ocasión en el número 6 de la Plaza de Oriente.

▲ Nuevas vicisitudes

El Real, no obstante, arrastraba serios problemas funcionales desde sus orígenes, por lo que en 1878 se acometen una serie de pequeñas reformas y, dos años más tarde, el arquitecto Joaquín de la Concha, conservador del teatro, presentó un proyecto de remodelación del escenario. Las reformas alcanzarían también al exterior, más concretamente a la fachada de la Plaza de Oriente, que se diseñó conforme al gusto francés. El proyecto de modernización del teatro cobró nuevos impulsos hacia 1888, con nuevos diseños para los escenarios y, sobre todo, con un ambicioso plan de electrificación en todas sus instalaciones. El alumbrado eléctrico había comenzado a ser ya una realidad en las calles madrileñas en el año 1878, cuando se instalaron las primeras farolas en pruebas en la Puerta del Sol.

Sólo unos pocos años más tarde, ya en pleno siglo XX, nombrado Antonio Flórez conservador, se detectan serios problemas estructurales en los cimientos. No obstante, el Teatro siguió abierto hasta 1925, pero en octubre de ese año, con la programación de ópera ya cerrada, se decide clausurarlo tras los importantes movimientos registrados, con grietas en muros de carga y una preocupante alteración estructural en la fachada de

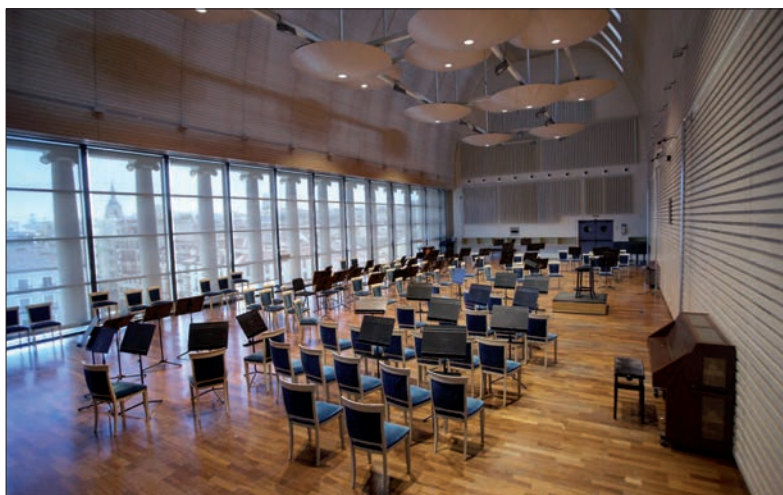
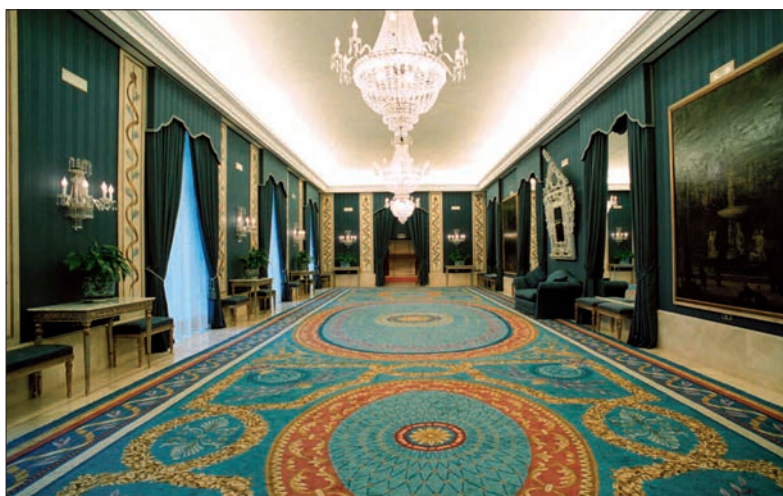


► Sala principal y plateas.
Debajo, salón de Carlos III
y sala de la orquesta.

la calle Vergara. Los primeros informes de expertos achacan todo ello a las filtraciones originadas por la sobrecarga de lluvias en el acuífero de los Caños del Peral.

Tras el cierre por motivos de seguridad del Teatro, Antonio Flórez, en calidad de arquitecto conservador del edificio, acomete diversos proyectos de consolidación y conservación, orientados a convertirlo en un teatro de la ópera radicalmente moderno. La Guerra Civil malogró, no obstante esos propósitos. Usado como polvorín en ese período, un accidente en su interior desencadenó una gran explosión que ocasionó nuevos y graves daños.

Al término de la contienda, Flórez intenta impulsar de nuevo la recuperación del Teatro a través de la Dirección General de Arquitectura, delegando gran parte de los trabajos en los arquitectos Diego Méndez y Luis Moya, antiguos colaboradores suyos. Moya y Méndez lanzaron varios proyectos de remodelación, el primero de ellos en 1941, de cuyos planos se guarda copia en la Biblioteca del Ministerio de Fomento. Esos proyectos que contemplaban también una remodelación de la Plaza de Oriente buscando un mayor realce para todo el conjunto urbano situado frente a Palacio, nunca llegaron a cristalizar del todo, de modo que en 1965 el ministerio de Educación y Ciencia encomendó al arquitecto José Manuel González Valcárcel un anteproyecto de aprovechamiento que permite al fin reabrirlo en 1966 como simple sala de conciertos, luciendo una cuidada restauración. Se abrieron también algunas otras dependencias que estaban en buen estado y que se destinaron a Conservatorio Superior de Música y Escuela de Arte Dramático.



► Representación de la ópera *Medea* y, debajo, ensayos de *Semiramide*.



▮ Sala de conciertos

Durante su nueva etapa como sala de conciertos, que se prolonga 20 años, hasta 1986, el Real cumple con las expectativas depositadas en él y acoge memorables conciertos que lo sitúan entre las salas más escogidas del circuito musical europeo. De sus magníficas condiciones naturales para la música de fe el propio director de orquesta Herbert Von Karajan quien, tras dos inolvidables conciertos en el Real, en mayo de 1968, al frente de la Filarmónica de Berlín, no dudó en calificarlo como la mejor sala de conciertos de Europa. Además de Karajan, fueron grandes protagonistas de esos años otros destacados directores y solistas, desde Claudio Abbado a Rubinstein o Barenboim.

Pese a todo, en 1986 el Ministerio de Cultura decide que ha llegado el momento de devolver al Real la oportunidad de acoger otra vez la actividad para la que

fue expresamente concebido: las grandes representaciones de ópera. Se comienza a trabajar así en un ambicioso proyecto de renovación y ampliación, cuyo encargo recae inicialmente en el arquitecto José Manuel González-Valcárcel, excelente conocedor del edificio. En el proyecto también trabajan su hijo Jaime y el arquitecto Miguel Verdú. Las obras comienzan en 1991, con la idea inicial de eliminar en primer lugar las numerosas construcciones añadidas que habían ido colmatando los espacios interiores del Teatro, además de avanzar en una definitiva y moderna consolidación. La súbita muerte de José Manuel González-Valcárcel en 1991 obliga no obstante a redefinir el proyecto, confiándose finalmente la dirección de las obras al arquitecto Francisco Rodríguez Partearroyo, quien realiza profundos cambios tanto en la estructura interna como en la imagen exterior del edificio.

La asignatura pendiente del Teatro Real, tras interminable sucesión de vicisitudes, llegaba a su examen final para pasarlo con sobresaliente *cum laude*. Partearroyo entrega finalmente en 1997 un moderno teatro de la ópera, apto para recoger las representaciones más ambiciosas, bien resuelto en el exterior y magníficamente acabado en sus interiores, que mantienen todo su esplendor original isabelino. Gracias a esa sabia reforma, en la que lo mejor de las ideas originales de López Aguado y Teodoro Moreno se ha integrado con frescura y naturalidad en la racionalidad de la nueva arquitectura, la capital puede disfrutar desde hace veinte años de uno de los edificios mejor dotados del circuito operístico mundial, una fecha que los buenos aficionados al *bel canto* sin duda nunca olvidarán. ■





INNOVACIÓN EN LOS TÚNELES DE BOLAÑOS, EN EL TRAMO LUBIÁN-OURENSE EXCAVADOS

Bajo la montaña gallega

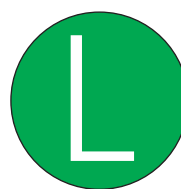


► Instalaciones a cielo abierto en el lado Campobeceros. En la parte elevada, planta de dovelas, en el centro, la gigantesca cinta de extracción de materiales y a la izquierda, planta de tratamiento de aguas.

JAVIER R. VENTOSA

FOTOS: FCC CONSTRUCCIÓN Y ACCIONA INFRAESTRUCTURAS

La ingeniería se está abriendo paso bajo la montaña gallega en el accidentado tramo Lubián-Ourense, principal obstáculo geográfico para el avance de la línea de alta velocidad Madrid-Galicia que el Ministerio de Fomento, a través de Adif Alta Velocidad, desarrolla actualmente en las provincias de Ourense y Zamora. El último hito en este proceso ha sido el cale o excavación completa del túnel bitubo de Bolaños (6,7 kilómetros de longitud), ejecutado con tuneladora, y que ha estrenado innovadoras soluciones constructivas.



La futura línea de alta velocidad a Galicia ha registrado un nuevo impulso en la obra de plataforma por la provincia de Ourense tras el cale, el pasado 21 de diciembre, del túnel de Bolaños vía izquierda, que complementa al túnel de vía derecha ya calado previamente. Por su longitud, se trata de uno de los túneles mayores de 5.000 metros planificados por el Ministerio de Fomento y Adif Alta Velocidad para cruzar el montañoso tramo Lubián-Ourense, acceso de la línea a Galicia y uno de los segmentos más complejos y costosos de la red de alta velocidad española. Actualmente ya están calados los 12 grandes túneles previstos en este tramo.

El nuevo túnel es el principal hito de ingeniería del subtramo Vilaríño-Campobeceros, segmento dividido



en vía derecha (7 kilómetros) y vía izquierda (7,9 kilómetros), y ha comprendido la excavación de dos tubos paralelos de vía única de 9,9 metros de diámetro, con una longitud de 6.785 metros en vía derecha y 6.776 metros en vía izquierda, separados a una distancia de 30 metros entre ejes y enlazados por 18 galerías de conexión transversales entre tubos. Dada la envergadura de la obra, cada una de las vías del subtramo se adjudicó en 2012 en contratos separados a dos uniones de empresas, que luego aunaron esfuerzos en la UTE Túneles de Bolaños (FCC Construcción, Acciona Infraestructuras y Collosa), responsable de la ejecución del subtramo. El presupuesto de adjudicación superó los 160 M€.

Construido mediante tuneladora, para la perforación se ha empleado un modelo para roca dura y de escudo simple tipo Herrenknecht S-805, propiedad de las empresas y ya utilizada previamente en secciones de los túneles de Pajares (14 kilómetros excavados) y en el de Sotillo (6 kilómetros), ambos en la Variante de Pajares, siendo la única que ha operado en España durante la realización de la obra. Bautizada como *La Peregrina*, esta gigantesca máquina se ha encargado de perforar los más de 13,5 kilómetros de túneles (con una montera de 210 metros y pendiente máxima del 5 por mil), revistiendo a la vez su sección (de 52 m², apta para vía única) con anillos de dovelas de hormigón prefabricado, de 37 centímetros de espesor y 1,6 metros de

► Parte de las casi 60.000 dovelas empleadas en la obra, alineadas en el exterior. Al fondo, boca de los túneles de O Espiño y a la derecha, la pedanía de Campobecerros.



► Vista aérea de La Peregrina, con su back-up de más de 100 metros de longitud, poco antes de atacar el túnel de vía izquierda.

longitud cada una, proceso que ha favorecido los plazos de ejecución. Los falsos túneles en ambas bocas (más de 140 metros) se construyen por métodos convencionales.

Proceso de excavación

Los trabajos de preparación de la obra, prolongados durante cerca de un año, desde finales de 2012 hasta el otoño de 2013, han comportado un importante esfuerzo logístico de la UTE para acondicionar la zona de ataque, próxima al núcleo de Campobeceros, desplegar las instalaciones de obra (entre ellas la enorme planta de dovelas) y trasladar a este remoto paraje de la montaña ourensana tanto el material y la maquinaria necesarios para desarrollar las actuaciones como la propia tuneladora. Esta máquina fue previamente acondicionada en el parque de maquinaria de Acciona Infraestructuras en Noblejas (Toledo) con objeto de incorporar mejoras para optimizar el proceso de excavación.

La perforación se ha acometido desde la boca del lado Campobeceros en sentido hacia Vilariño. Primero se ejecutó el túnel derecho (noviembre 2013-octubre 2014), al término del cual se abrió un tiempo de parada, necesario para el desmontaje y traslado de la tuneladora al punto de partida, así como para la reparación, refuerzo y acondicionamiento de la cabeza de corte debido a la agresividad del terreno excavado, operación realizada también en el parque de Noblejas. El túnel izquierdo, perforado en el mismo sentido, se ha completado entre noviembre de 2015 y diciembre de 2016, con una parada para tramitar una actuación complementaria. En total, se ha excavado un volumen de tierra superior a un millón de metros cúbicos y se han instalado casi 60.000 dovelas. El rendimiento medio de excavación en el primer tubo ha sido de 19,40 metros al día, completándose en 11,5 meses. Estas cifras se han mejorado en el segundo tubo, con un rendimiento medio de 24,32 metros diarios y un plazo de 9,5 meses de ejecución, dos menos que el primer túnel.



Completada la perforación, actualmente se acometen diversos trabajos de obra civil en los túneles, entre ellos la ejecución de la solera y de los andenes de evacuación y de servicios, así como la instalación de canalizaciones (obras ya concluidas en el tubo derecho), procediéndose a ejecutar también los falsos túneles, con longitudes de 54 y 18 metros, y a revestir las 18 galerías de conexión, de 18 m² de sección y 30 metros de longitud. La tuneladora y las instalaciones en el interior y exterior del túnel están en proceso de desmontaje. En el resto del tramo, a cielo abierto, una vez finalizados los dos viaductos (41 metros de longitud) previstos en el proyecto, actualmente se desarrollan en ambas vías otros trabajos de pasos inferiores y superiores, drenajes longitudinales y transversales, restauraciones y remates, quedando por ejecutar un puesto de banalización.

Actuaciones innovadoras

Durante la ejecución de ambos tubos las constructoras han llevado a cabo una serie de actuaciones singulares destinadas a dar una respuesta eficaz a los condicionantes planteados por las características de los subterráneos. En varios casos se trata de actuaciones o medidas completamente innovadoras en el ámbito de la obra subterránea en España, lo que ha convertido a los tubos de Bolnisi en un verdadero laboratorio de ensayo de nuevas tecnologías aplicadas a la construcción de

túneles, abriendo la puerta a su implementación en obras ferroviarias futuras. La puesta en marcha de todas estas medidas ha sido aprobada previamente por Adif Alta Velocidad, titular del subtramo en construcción.

Entre estas actuaciones singulares se encuentra un sistema de estabilización de terrenos de alta inestabilidad geológica. En los túneles, excavados a través de terrenos compuestos por un 50% de pizarras y un 50% de cuarcitas, cuarzo filitas y areniscas, los materiales hallados eran geotécnicamente peores de lo previsto en los estudios, especialmente en una zona de pizarras lami-

► Bocas del túnel en el lado Vilaríño. Debajo, tren auxiliar en el interior del túnel de vía derecha.





► Vista aérea de la boca del lado Campobeceros, lugar de ataque de ambos tubos.

nadas con un elevado grado de alteración en el segundo tubo, lo que ha causado problemas al avance de la tuneladora debido a la cantidad de material extraído y al aumento de par motivado por las características de este terreno. Para estabilizar este tipo de terreno y poder seguir excavando se implantaron criterios alternativos de perforación. Inicialmente se variaron los parámetros de funcionamiento de la tuneladora (penetración, vueltas y empuje) para adaptarlos a la realidad del terreno. Posteriormente, a través de un sistema de bombas automatizado instalado en la tuneladora, a medida que

Los túneles del tramo Lubián-Ourense

El tramo Lubián-Ourense es el segmento geográfica y técnicamente más complejo de la línea de alta velocidad Madrid-Galicia debido al accidentado terreno montañoso que cruza en la provincia de Ourense. Se trata de un tramo de 100 kilómetros, flanqueado por los tramos Zamora-Lubián (en construcción) y Ourense-Santiago (en servicio), con dos características singulares: gran parte del trazado discurre soterrado por 27 túneles y un total de 61,1 kilómetros se construyen mediante dos vías únicas paralelas, con contratos de plataforma independientes. Por eso abundan los túneles de tipología bitubo (un tubo para cada vía).

El tramo incluye el mayor agrupamiento de grandes túneles (más de 5.000 metros de longitud) de la red de alta velocidad española, con 12 subterráneos que suman 87 kilómetros de trazado bajo tierra. Su proceso de construcción, iniciado entre 2012 y 2013, se ha realizado en todos los casos –salvo en los túneles de Bolaños– según el nuevo método austriaco y todos ellos ya han sido calados entre 2015 y 2016, procediéndose ahora a su revestimiento y a otras actuaciones de obra civil. En esta situación se encuentran los túneles de O Corno vía derecha (8.577 m) y vía izquierda (8.583 m), O Espiño vía izquierda (7.909 m) y vía derecha (7.853 m), A Canda vía izquierda (7.301 m) y vía derecha (7.304 m), O Cañizo vía izquierda (5.369 m) y vía derecha (5.372 m), Prado vía derecha (7.606 m) y vía izquierda (7.628 m), además de los de Bolaños.

De todos ellos, los de Bolaños y O Espiño, prácticamente contiguos, son los únicos ya totalmente revestidos de hormigón. En los túneles de O Espiño, el sistema constructivo empleado, consistente en una galería de ataque intermedia y cuatro frentes de trabajo por tubo, ha acortado los plazos de obra. Como singularidad, Ferrovial Agromán, constructor del túnel de vía derecha, ha empleado una innovadora solución a base de tecnosoles para mejorar el tratamiento en vertedero de los materiales píríticos y metales pesados procedentes de dicho túnel. Se trata de suelos artificiales fabricados a la carta, sustitutivos de la tradicional caliza, que, en convergencia con los suelos naturales, les confieren propiedades de protección medioambiental (control de lixiviados, filtro y depurador de agua, sumidero de carbono, reserva genética) para prevenir la extensión al medio ambiente de la contaminación presente en el material de excavación.

se producía el avance se han inyectado resinas de poliuretano de dos componentes que, al entrar en contacto, reaccionan y se expanden, proporcionando estabilidad inmediata al terreno y evitando desprendimientos sobre la máquina. Esta técnica ha permitido superar con éxito las zonas críticas del segundo tubo.

También presentan grandes dosis de innovación las actuaciones llevadas a cabo para mejorar la estanqueidad de los túneles, diseñadas con carácter previo a la excavación. Se trata de una serie de soluciones técnicas para reforzar la impermeabilización de la estructu-



ra destinadas a resolver el problema de las importantes aportaciones de agua del terreno. Este problema fue detectado a raíz de los estudios realizados durante la redacción del proyecto constructivo sobre los caudales de agua previstos, que pronosticaron una elevada presión de agua en determinados puntos de la excavación (hasta 140 metros de columna de agua), estimándose puntas de caudal de agua infiltrado de hasta 100 litros por segundo. Estas innovaciones han sido obra de los departamentos de I+D de las constructoras.

Los poderes de 'La Peregrina'

Potencia	6.150 kW
Peso cabeza de corte	1.209 t
Peso del remolque	1.730 t
Longitud cabeza de corte	10,4 m
Longitud total	120 m
Diámetro de excavación	9.900 cm
Nº de cortadores	64
Empuje nominal	0-9.000 t
Empuje alta presión	9.000-18.000 t

Como principal solución pionera en este campo destaca el empleo de un sistema de impermeabilización a base de un mortero bicomponente, en lugar del mortero convencional, para rellenar el *gap* (hueco) generado entre el diámetro de perforación y el diámetro exterior del revestimiento. De manera análoga a las resinas empleadas en la estabilización de frentes, se trata de un mortero formado por dos componentes (A, con cemento, bentonita, agua y un retardador; y B, silicato de sodio líquido como acelerante) que, al ser inyectado en su avance por la tuneladora —previamente adaptada para esta función— en todo el perímetro del anillo, produce una reacción que en pocos segundos crea un gel endurecido y de alta resistencia (0,4 MPa en las primeras 24 horas). Este gel fija casi inmediatamente la pieza al terreno, se expande de forma homogénea por el hueco y aísla la dovela totalmente del agua. Con ello, además se evitan movimientos diferenciales del anillo de do-

► Cabeza de corte de la tuneladora asomando al exterior tras el cale del túnel de vía izquierda.

La mejora del rendimiento de excavación en el segundo tubo ha permitido completarlo en 9,5 meses, dos menos que el primero



► Interior del túnel de vía derecha, con sección libre de 52 m² y revestido con dovelas trapezoidales.

Desafío logístico

“Cuando llegamos no había nada”, recuerdan en la UTE Túneles de Bolaños sobre el remoto lugar donde a finales de 2012 arrancaron los trabajos de los tubos gemelos, junto a Campobecerros, pedanía de 125 habitantes en plena montaña ourensana y de difícil acceso, apenas conectada con Verín, capital comarcal, y la autopista A-52 por una carretera provincial (OU-114) de grandes desniveles y que alcanza los 1.200 metros de altitud. A este apartado lugar, de estios calurosos e inviernos muy lluviosos y con copiosas nevadas, las empresas tuvieron que trasladar por esta vía absolutamente todo lo necesario para poner la obra en marcha y desarrollarla durante más de cuatro años: tuneladora, maquinaria auxiliar, suministros (solo la planta de dovelas consumía una media de 27 bañeras de áridos y cinco cisternas de cemento diarias), personal, etc.

Lo más urgente era la electricidad, al no existir en la zona suministro de energía suficiente. Con objeto de abastecer a la tuneladora y al resto de instalaciones (planta de dovelas, planta de mortero bicomponente, instalaciones del personal) se construyeron 36 kilómetros de línea eléctrica (26 aéreos y 10 bajo tierra) que, tras conectarse a grupos electrógenos y transformadores, permitieron alimentar toda la obra, y además con un bajo impacto ambiental, al evitar el uso de generadores diésel. Para la gestión de las aguas procedentes del túnel se construyó incluso una planta de tratamiento de aguas para depurarlas antes de su vertido a los cauces naturales. Igualmente se repararon decenas de accesos a carreteras de montaña en esta zona. Al término de la obra, todas estas actuaciones permanecerán para el uso de la comunidad local.

velas debidos al retraso en la fraguada del mortero. Esta solución, ya empleada con buenos resultados por Acciona Infraestructuras en la excavación de los túneles urbanos de Legacy Way en Brisbane (Australia), está reemplazando en el último lustro al mortero convencional para este tipo de obra subterránea, aunque es la primera vez que se emplea en España en tuneladoras de escudo simple.

Igualmente relevantes han sido las innovaciones implementadas para mejorar la calidad de los anillos y, por tanto, su estanqueidad. Entre ellas figura un nuevo sistema de doble junta para las dovelas que, al duplicar la junta de sellado que rodea a cada dovela, colocándola en el trasdós y en el intradós, aumenta la estanqueidad, además de reducir la deformación y distribuir las cargas más uniformemente. Otra innovación ha sido el cambio en la conicidad del anillo equivalente a un radio mínimo del mismo a 350 metros (inferior al que puede describir la tuneladora, que es de 400 metros), con lo que se corrigen las pequeñas desviaciones que describe la tuneladora respecto a la línea teórica de trazado, evitando el riesgo de acodamiento en el escudo. Finalmente, en la obra se han empleado dovelas trapezoidales en lugar de las rectangulares habituales. Según las empresas, este cambio mejora la compresión longitudinal de las juntas, evitando patologías que pudieran ser causadas por las cargas de los gatos de empuje. El resultado es una componente de compresión adicional a la del erector en todas las juntas radiales, que no se produce en las dovelas rectangulares. ■



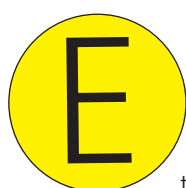
SALVAMENTO MARÍTIMO PRESTÓ AUXILIO A UN TOTAL DE 17.921 PERSONAS DURANTE 2016

Una mano tendida en la mar

BEGOÑA OLABARRIETA. FOTOS: SASEMAR

Salvamento Marítimo ha presentado su balance anual: 5.693 actuaciones en las que se asistió a una media de 49 personas al día. Datos relativos a 2016, un año en el que la entidad ha mantenido el rumbo para culminar su plan estratégico (que finalizará en 2018) y se ha afianzando como referente en el ámbito internacional y en el día a día de los usuarios.





s habitual que al hablar de balances se destaquen las inversiones y los retornos, los beneficios y las pérdidas, pero en el caso de Salvamento Marítimo la cosa es diferente. Desde su creación en 1993 la labor

de esta entidad pública, adscrita al Ministerio de Fomento a través de la Dirección General de la Marina Mercante, ha sido y es dar respuesta a todas las emergencias que puedan surgir en el mar y, por lo tanto, sus balances se traducen en vidas, seguridad, lucha contra la contaminación, atención al ciudadano, prevención, formación.

Una respuesta que en 2016 coordinó el rescate, asistencia o búsqueda de 17.921 personas (una media de 49 al día) en las 5.693 actuaciones marítimas (más de 15 diarias) atendidas en toda España.

Esto supone un aumento con respecto al año anterior de un 4% en su actividad, que se centró en salvamento de vidas —en concreto 4.478 actuaciones—, las intervenciones dirigidas a garantizar la seguridad marítima —otras 743— y las relacionadas con la protección del medio ambiente marino —472—.

Por otra parte, el número total de buques controlados por los centros de Salvamento Marítimo ha sido de 318.070. De ellos, 149.444 corresponden a buques identificados a su paso por los Dispositivos de Separación de Tráfico de Fisterra, Tarifa, Cabo de Gata y Canarias Oriental y Occidental, y los otros 168.626 se controlaron en las entradas y salidas de los puertos españoles.

► Rescate e izado de una persona mediante helicóptero. Debajo, un helicóptero de Salvamento y el remolcador María de Maeztu.



► Extinción de un incendio a bordo de una embarcación. Debajo, varias unidades de Salvamento durante un ensayo de control de vertido contaminante.



Detrás de todas estas operaciones hay un dispositivo que funciona 24 horas al día, 7 días a la semana, 365 días al año, con 73 unidades marítimas de intervención, 14 unidades aéreas, 6 bases estratégicas, 20 Centros de Coordinación (CCS) y un Centro de Seguridad Marítima Integral (Jovellanos) destinado a la formación. Integrados en ellos, 1.500 profesionales.

Como destaca Lourdes Oña, Jefa del Centro Nacional de Coordinación de Salvamento CNCS, "tanto los controladores de los CCSs, el personal de flota y el personal aéreo se destacan por su dedicación y compromiso. Después de tanto tiempo de actividad todos, en cierta medida, han tenido experiencias que les hacen ser sumamente conscientes de que se dedican al salvamento de vidas y lo que eso significa".

4 objetivos para una respuesta aún más eficaz

El Plan Nacional de Salvamento (2010-2018) está entrando en su recta final, en su penúltimo año de vigencia. Definido siguiendo los objetivos y recomendaciones marcados por la Política Marítima de la Unión Europea, ha supuesto desde su inicio un importante esfuerzo inversor, de dotación de recursos humanos y de medios materiales, lo que ha convertido a SASEMAR en un referente europeo en la materia.

Estos son sus 4 objetivos:

- 1 Reforzar el sistema preventivo actuando sobre la normativa y los instrumentos que garantizan su cumplimiento, es decir, vigilancia, inspección y sanción en los casos de contaminación marina en colaboración con el Ministerio Fiscal y las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado, así como la difusión de la cultura de seguridad y protección del medio ambiente.
- 2 Afianzar el desarrollo de un sólido sistema de respuesta ante incidentes y accidentes en el mar, especialmente en las áreas geográficas y ámbitos más vulnerables, buscando la eficacia y eficiencia en el uso de las capacidades disponibles. Para ello se trabaja en la capacitación de los profesionales, potenciando el Centro Jovellanos de formación, y desarrollando sistemas de información que faciliten la toma de decisiones.
- 3 Crear un marco de relación institucional con otros organismos y administraciones, basado en la concertación y cooperación a nivel internacional, nacional y autonómico para robustecer la participación de todas las instituciones junto con los medios del Ministerio de Fomento en el desempeño de las actividades relacionadas con el salvamento marítimo y la lucha contra la contaminación.
- 4 Avanzar en la Innovación e Investigación para el uso sostenible del mar, con carácter multidisciplinar, en colaboración con Puertos del Estado y participación de otros centros de investigación, universidades y empresas públicas y privadas.



Rondando el cuarto de siglo

La Sociedad Estatal de Salvamento y Seguridad Marítima está rondando el cuarto de siglo. Fue en 1993 cuando finalmente se ponía en marcha como ente encargado de los servicios de rescate, búsqueda y salvamento marítimo, prevención y lucha contra la contaminación del medio marino y control del tráfico marítimo.

Desde aquellos inicios se ha evolucionado mucho. Lo más destacable, sin duda, su crecimiento: se ha aumentado el número de unidades en un 70%, pero también la coordinación para ser más eficaces y efectivos.

En estos años se han establecido acuerdos entre las diferentes organizaciones nacionales (Cruz Roja Española, Agencia Estatal de Meteorología, Guardia Civil, Servicio de Vigilancia Aduanera, Armada, etc.) para colaborar en materia de salvamento, se participa activamente en foros internacionales (OMI, EMSA, REMPEC, etc.) y se han establecido contratos de prestación de servicios con diferentes Autoridades Portuarias para realizar un control de tráfico de buques.

Y, junto a los acuerdos, la visibilización de la labor que han venido desempeñando durante estos casi 25 años. “Los usuarios reconocen nuestro trabajo y lo valoran. Se reclama nuestra presencia y asistencia para solucionar emergencias y como un interlocutor profesional que atiende a las necesidades de las personas”, asegura Lourdes Oña, Jefa del Centro Nacional de Coordinación de Salvamento CNCS.



Buques implicados

Medios y personal se movilizan según lo requiere cada operación, dependiendo de su magnitud. En 2016 se destacó el rescate de los 11 miembros de la tripulación del pesquero “Novo Jundiña” en el mes de enero, que tras reportar una vía de agua tuvo que abandonar la embarcación en un bote salvavidas. Para conseguir el éxito del operativo se movilizó al helicóptero H/S “Helimer 401” y se trasladó a la zona a la salvamar “Shaula”, a la guardamar “Concepción Arenal”, al helicóptero de los guardacostas “Pesca II” y a los barcos mercantes de paso.

► Equipo de buceo preparándose para una inmersión y, al lado, buque remolcador Alonso de Chaves.

Presencia internacional

La cooperación, una de las señas de identidad de Salvamento Marítimo, ha tenido un gran impulso en 2016, con diversos acuerdos de cooperación suscritos, especialmente con nuestros países vecinos:

✓ Planes de intervención conjunta en casos de salvamento y lucha contra la contaminación firmados con la Prefectura Marítima del Atlántico (Francia)-Plan Golfo de Vizcaya y con la Prefectura Marítima del Mediterráneo (Francia)-Plan Golfo de León.

✓ Colaboración para el desarrollo de métodos y técnicas en casos de lucha contra la contaminación con el Centro de Documentación de Investigaciones y Experimentación-CEDRE (Francia).

✓ Acuerdos con Marruecos y el Reino Unido.

A estos se unen otros proyectos orientados al I+D+i para fomentar vías de financiación y de innovación y promover el liderazgo a nivel internacional:

► Proyecto STM (Connecting Europe Facility CEF 2014): Liderado por Suecia tiene como objeto validar mediante dos bancos de pruebas a gran escala, en el Mediterráneo y en el Báltico, los conceptos y servicios definidos en el anterior proyecto MONALISA 2.0 sobre Gestión del Tráfico Marítimo. Los ensayos serán respaldados por la red de simuladores europea de la que el simulador de Jovellanos forma parte.

► Proyecto CORE LNGAS HIVE (Connecting Europe Facility CEF 2014): De la Comisión Europea, liderado por Puertos del Estado y coordinado por Enagás para el impulso del gas natural licuado (GNL) como combustible marino más limpio. El objetivo del proyecto es desarrollar una cadena logística integrada, segura y eficiente para fomentar el uso del GNL en la península ibérica como combustible. SASEMAR lidera la actividad sobre el uso del LNG como combustible alternativo para su flota.

► PROYECTO PICASSO (Connecting Europe Facility CEF 2014): El proyecto Preventing Incidents and Accidents by Safer Ships in the Ocean es también continuación del proyecto MONALISA 2.0 en el ámbito de la seguridad operacional en relación con la innovación tecnológica, el factor humano y la formación. Liderado por Salvamento Marítimo, cuenta con la participación de 14 socios de 8 países de la UE más Israel.

► Presidencia de la EUROPEAN COAST GUARD FUNCTIONS TRAINING NETWORK (red de formación para guardacostas europeos): Salvamento Marítimo asumió el 8 de marzo la presidencia de la recién creada junta directiva de la Red de formación para guardacostas europeos, en la que participan España, Finlandia, Italia, Portugal, Alemania, Reino Unido, Grecia y Chipre. El encargado de representar a la entidad dependiente de Fomento es José Manuel Díaz, Jefe de formación del Centro Jovellanos de Gijón.

► La Salvamar Alkaid navega junto a un grupo de orcas.

También destacable fue el rescate de los 22 tripulantes del buque "Modern Express" por el "Helimer 401" y el "Pesca II" (de los guardacostas), con el apoyo del avión "Sasemar 102" en una emergencia coordinada por el MRCC Falmouth, pero que se llevó a cabo con medios de SASEMAR.

Estos son tan sólo dos ejemplos de las emergencias atendidas el pasado año en las que se vieron implicados 4.018 buques, de los cuales un 10% eran mercantes, un 14% pequeros y un 60% buques de recreo. A estos hay que unir un 16% restante que corresponde a lo que Salvamento Marítimo denomina "otros tipos de buques", entre los que se encuentran las pateras.

Aunque no mayoritaria en porcentaje respecto al total de las intervenciones de la entidad, la actividad de asistencia a pateras que intentan llegar a las costas españolas es una de las más visibles por la fragilidad y vulnerabilidad de este tipo de embarcaciones y de las personas que van a bordo. En 2016 se consiguió el rescate de 6.726 personas desde las 464 pateras a las que se asistió, lo que ha supuesto un aumento de casi 2.000 inmigrantes más rescatados en emergencias de este tipo.

Y, por último, hay otras intervenciones en las que no se ven involucrados buques y que corresponden a actividades recreativas como surf, windsurf o submarinismo, caída de personas al mar desde tierra, rescate en acantilados, etc., que en 2016 sumaron 1.829 asistencias.

En definitiva, un balance que reafirma un año más a Salvamento Marítimo como una mano tendida en la mar. ■





*REPARADO DE EMERGENCIA EL HISTÓRICO PUENTE MAYOR
DE CASTROGONZALO, DAÑADO POR UNA CRECIDA*

Rehabilitación en el Esla

JAVIER R. VENTOSA. FOTOS: DCE EN CASTILLA Y LEÓN OCCIDENTAL

La obra pública en carreteras, además de nuevos trazados, funcionales viaductos y túneles, abarca también una notable labor de mantenimiento y de obras menos espectaculares pero igualmente necesarias para garantizar la circulación

de personas y mercancías. Ejemplo de ello es la reciente rehabilitación del puente Mayor de Castrogonzalo (Zamora), estructura en servicio de alto valor histórico y patrimonial dañada por las crecidas del río Esla.



► Estado final del puente Mayor de Castrogonzalo tras la intervención.



El puente de Castrogonzalo, integrado en la vía de servicio de la autovía del Noroeste (A-6), es una de esas estructuras singulares que sorprenden al viajero. Visible desde los viaductos de la autovía paralela, se trata de un conjunto de puentes levantados sobre el cauce del Esla, de origen y factura medieval aunque transformados en la Edad Moderna, que sobre-

sale precisamente por su eclecticismo al incorporar formas, materiales (desde sillería medieval hasta hierro y hormigón) y recursos constructivos de distintos siglos que lo revisten de un valor histórico y patrimonial de primer orden. Su tramo más representativo, el tramo III o puente Mayor, fechado entre los siglos XVII y XVIII, es un puente de 134 metros de longitud, con ocho vanos de luces 8,20-11,50 metros formados por bóvedas de cañón, pilas de 4 a 5 metros de anchura y tímpanos ma-



cizos, además de tajamares rectangulares aguas abajo y triangulares aguas arriba, todo ello en sillería. La plataforma alberga un carril unidireccional de 5,30 metros de anchura.

Este tramo sufrió importantes daños estructurales el 1 de mayo de 2016, tras una semana de fuertes caudales en el río Esla debidos a una conjunción de factores, como el deshielo, la lluvia y los desembalses preventivos. La fuerte crecida de las aguas colapsó la cimentación del estribo 2 (lado Benavente) y la zona curva de unión con el arco del vano número 8, provocando el derrumbe del tímpano de aguas arriba de dicha zona curva y de unos 15 metros de muro del estribo, dejando al descubierto los rellenos del interior del puente.

El colapso produjo un socavón en buena parte de la calzada superior del puente, por lo que la circulación en este tramo de vía del denominado camino de Torrizales, que conecta Benavente con Castrogonzalo, se interrumpió por motivos de seguridad. El importante tráfico agrícola de la zona, obligado a dar un gran rodeo para realizar el anterior recorrido, fue desviado a un carril especialmente habilitado de la cercana autovía A-6, dotada con tres carriles en esta zona.

Declaración de emergencia

Técnicos de la Demarcación de Carreteras del Estado en Castilla y León Occidental, apoyados por una empresa de ingeniería especializada, analizaron y valora-

ron los daños en la estructura y en apenas una semana ya existía una propuesta de reparación, pero requería una actuación inmediata para evitar el agravamiento de los daños y restituir cuanto antes el uso del puente. Por ello se estimó necesaria una declaración de emergencia, procedimiento previsto en el Real Decreto Legislativo 3/2011, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos del Sector Público, mediante el cual el órgano de contratación, sin obligación de tramitar expediente administrativo, puede ordenar la ejecución de una obra para remediar los daños causados por acontecimientos catastróficos, acortando los plazos. Por el procedimiento normal, la obra habría tardado plazos incompatibles con la urgencia de la actuación.

► Estado del puente, con parte del muro del estribo y una bóveda derruidos, en mayo de 2016. Debajo, socavón en la calzada superior de la estructura.





La declaración de emergencia fue firmada por el Ministerio de Fomento el 14 de julio, una vez realizadas consultas con la Comisión Territorial de Patrimonio de Castilla y León, al tratarse de una actuación sobre el entorno protegido de la Calzada de la Plata, y con la Confederación Hidrográfica del Duero, ante la necesidad de realizar actuaciones en el cauce del río Esla. Con ella quedaba aprobada la “Obra de emergencia de reparación y rehabilitación estructural del puente de Castrogonzalo sobre el río Esla en la autovía A-6 PK 258+100 (vía de servicio)”, dotada con un presupuesto de 1,2 M€. El Ministerio de Fomento, a través de la Demarcación y de la Unidad de Carreteras de Zamora, ha actuado como promotor y ha llevado a cabo la dirección de la obra. La actuación fue adjudicada a la empresa Valoriza Conservación de Infraestructuras, que contó con la colaboración de Retineo Ingeniería (especializada en rehabilitación) para el desarrollo de la propuesta de reparación formulada en mayo por la ingeniería IPES, contratada a su vez como asistencia técnica a la dirección de la obra.

Las fases de la obra

Con carácter previo al inicio de la obra se desarrollaron dos actuaciones destinadas a ampliar el conocimiento sobre los daños y el terreno de apoyo de la estructura, que han sido de gran valor para fases posteriores. En concreto, un equipo de inspecciones subacuáticas, con el apoyo de un equipo sonar de alta pre-

► Imágenes superiores, formación de la atagüa de tierra y apeo del muro dañado, con los sillares marcados en colores. Derecha, demolición selectiva del muro con medios mecánicos.



cisión, realizó una inspección subacuática de las cimentaciones del arco, del estribo y del resto de las cimentaciones para conocer el alcance real de la socavación. No solo aportaron datos sobre las partes dañadas (además de daños en el estribo 2 y en la pila 7, detectaron socavaciones en las pilas 3, 4 y 5), sino también sobre la batimetría del cauce, lo que luego ha ayudado a la definición de la ataguía necesaria para los trabajos en seco, así como a su ubicación óptima. También han sido relevantes los datos aportados por un estudio geotécnico para caracterizar el terreno de apoyo de la estructura, que han permitido ajustar el recalce de la cimentación en las zonas dañadas

La reconstrucción del puente de Castrogonzalo se ha llevado a cabo con el máximo respeto al carácter histórico de la estructura

Desde su origen, la obra de rehabilitación del tramo III del puente ha estado presidida por una filosofía de máximo respeto al carácter histórico de la estructura y con el objetivo de completarla en el plazo más breve posible para restablecer cuanto antes el tráfico interrumpido. Con esta base, la dirección de obra estableció un programa de ejecución dividido en varias fases consecutivas, cuyas primeras actuaciones arrancaron en agosto de 2016. A continuación se resumen estas fases.



● **Trabajos previos.** En la fase inicial se desarrollaron las actuaciones preparatorias, entre ellas la zonificación de los elementos dañados. Como primera medida, encaminada a conservar en lo posible la obra original, tanto el arco dañado y el contiguo como la pila 7 se instrumentaron mediante cuerdas de convergencias y puntos de extensometría, sistemas destinados a medir el control de movimientos en obra, tanto de la estructura como del terreno.

Al tratarse de una actuación a desarrollar en el cauce, se hizo necesario crear un recinto estanco en la zona dañada, correspondiente al vano número 8, próximo a la orilla, con objeto de llevar a cabo allí los trabajos en seco. Para ello, con el apoyo de camiones y excava-

► Arriba, inventariado de sillares ya desmontados procedentes de la estructura. Debajo, trabajos de consolidación de la cimentación.





► Arriba, cimbra bajo la bóveda dañada, destinada a apoyar su reconstrucción. Derecha, reconstrucción del muro del estribo.



vadoras, se formó una ataguía mediante tierras procedentes de préstamo formando un terraplén que, partiendo de la orilla, rodeaba la zona de trabajo por ambos lados del puente, generando un recinto al que las aguas del río no podían acceder. En su parte exterior, la ataguía fue reforzada mediante escollera. Bajo el arco dañado se construyó una losa de hormigón, sobre la que en fases posteriores se instaló una cimbra metálica para realizar la reconstrucción de la bóveda.

También se procedió a asegurar las partes del puente no colapsadas. En concreto, el muro de aguas arriba del estribo 2, parcialmente desplomado, se apeó mediante tres jabalcones apoyados sobre una zapata de hormigón ejecutada en la ataguía. Asimismo, se dispuso un zunchado activo (mediante bandas de material polimérico de alta resistencia puestas en carga con tensores) del arco existente entre el estribo y la pila 7 para confinar la estructura y evitar movimientos diferenciales durante el desmontaje de la sillería.

● **Desmontaje y demolición.** Como siguiente paso se procedió al desmontaje de los sillares del muro del estribo, previamente marcados para recolocarlos en su posición original. Esta operación la realizó una retroexcavadora equipada con pinza hidráulica, que desmontó el muro pieza a pieza o por bloques. Los sillares recuperados se depositaron en una explanada cercana para su limpieza (se retiró el mortero de cal adherido) e inventariado por tamaño y ubicación. Aunque se recuperó la mayor parte, algunos sillares desprendidos se encontraban en el río o no se hallaron. Por ello, una parte pequeña de los luego colocados son de nueva aportación.

Como segunda actuación de esta fase se realizó la excavación del trasdós de la zona dañada, realizada inicialmente con medios mecánicos al tratarse de material de relleno y más adelante con martillo hidráulico al aparecer zonas consolidadas con lechada o mortero de cal. También se demolió la solera de hormigón de la plataforma del puente.

● **Consolidación de la cimentación.** En esta fase, el equipo de obra procedió a la mejora de las cualidades portantes del terreno donde se asienta el puente como forma de consolidar las cimentaciones de la estructura. La actuación, realizada en la zona perimetral de la pila y del muro del estribo a tratar, se ejecutó mediante perforaciones acompañadas de inyección de lechada de cemento bajo las protecciones existentes en las cimentaciones. Con ello se ha logrado consolidar la capa de gravas detectada en el estudio geotécnico, situada en los sondeos a partir de una profundidad de 2,9 metros, hasta empotrarse en las arcillas situadas bajo la capa de gravas, localizada a partir de una profundidad de 4,2 metros. Con la consolidación de la cimentación se ha mejorado el apoyo de la estructura de fábrica sin variar de forma sensible la interacción cimentación-estructura del puente.



● **Reconstrucción de sillería.** La reconstrucción del muro del estribo y de la bóveda ha sido la fase más laboriosa y duradera debido a la gran precisión requerida. En el caso del muro, en cuya base se ejecutó una cimentación de hormigón ciclópeo, la reconstrucción ha consisti-

► Trabajos de reconstrucción de la bóveda

Los puentes de Castrogonzalo

Históricamente, el cruce del Esla a la altura de Castrogonzalo (Zamora) ha sido un paso obligado hacia los puertos montañosos del norte y del oeste peninsular, incluido además en la Vía de la Plata, razones por las que siempre han existido puentes en este estratégico enclave. Pascual Madoz, en su célebre Diccionario, apunta que allí hubo un puente ya en época de los celtíberos y Carlos Fernández Casado, con ocasión de la obra del viaducto de la N-VI en esta zona, atestiguó la existencia de cimentaciones romanas de un puente que probablemente sirvió como paso de la calzada Astorga-Zaragoza y que se abandonó en el siglo XIII.

El primer documento sobre un puente en Castrogonzalo, de 1221, cita una estructura de piedra, el puente de Santa Marina, como paso de la cañada zamorana, por donde transitaban personas y mercancías hacia la feria de ganado local. Cruzarlo estaba sujeto al pago del pontazgo. Su trayectoria durante los siglos bajomedievales fue agitada, con periodos de ruina y expolio de materiales, reconstrucciones (con aportaciones de las ciudades cercanas) debido a las avenidas que inundaban la vega y el levantamiento de un nuevo puente para sustituir al que quedó en seco por las variaciones del cauce. Tras algunos antecedentes frustrados en el XVI, el primer intento serio de levantar un puente "a la moderna" cristalizó en 1649 con el proyecto de Francisco Llánez, autor del puente Mayor o Grande, de mayor envergadura y más ancho, con 19 bóvedas, que tardó dos décadas en construirse. En 1732, empero, el puente estaba arruinado y su fábrica apenas sufrió algunos parcheos, hundiéndose además una bóveda en 1776.

Por aquellos años del XVIII estaba en plena configuración el camino real o carretera general de Galicia, que demandaba un paso seguro sobre el Esla en Castrogonzalo, reclamado por poderosas figuras como "uno de los pasos más necesarios de toda España para el reino de Galicia y parte de Asturias". Este es el germen del proyecto de los maestros Diego de Ochoa y

Juan de Sagarvinaga, dotado con 2,3 millones de reales y construido en el periodo 1781-1788. El resultado, citado por Madoz, fue un puente de piedra de sillería de 27 ojos, al que se le añadieron 12 ojos en 1806 para unir el puente viejo con el nuevo, y que constituía "un punto importante en la carretera Madrid-Galicia". En diciembre de 1808, durante la Guerra de la Independencia, tropas británicas en retirada minaron varios arcos del puente para frenar el avance de las columnas francesas. El propio Napoleón ordenó reparar la zona dañada. En el resto del siglo se le habilitó un tramo de madera y se añadió otro metálico.

Ya en el siglo XX se sucedieron nuevas reparaciones, consolidaciones y la sustitución en 1930 de un tramo de fábrica por otro de hormigón, hasta que el viaducto de la carretera N-VI, construido en paralelo a partir de los años 50 del pasado siglo a la altura del pk 258+100, relegó a la histórica estructura a servir como camino de servicio.

Como consecuencia de su azarosa historia, el actual puente de Castrogonzalo está formado por tres puentes consecutivos: uno de cinco tramos metálicos sobre pilas de fábrica, otro formado por cuatro bóvedas de hormigón elípticas y un tercero —el principal, que cruza el cauce— construido entre los siglos XVII o XVIII sobre los restos de puentes más antiguos, formado por ocho bóvedas de cañón y pilas de sillería, tajamares rectangulares aguas abajo y triangulares aguas arriba, y que es el que ha sido rehabilitado. Además a 200 metros hay restos de un antiguo puente medieval afectado por la construcción de la carretera nacional. Es precisamente la ecléctica traza arquitectónica de este conjunto, con un arco cronológico que abarca al menos seis siglos, lo que hace del puente de Castrogonzalo una obra singular e interesante. A ello se une el carácter monumental del puente y su importancia histórica, que lo convierten en un bien patrimonial de primer orden.

Fuente: Informe histórico del CEHOPU



► Vista de la zona del puente una vez rehabilitado, en febrero pasado.

do en la colocación de cada uno de los sillares (más de dos centenares) en su posición original y su rejuntado con mortero de cal. En paralelo a esta actuación se procedió también a la ejecución del trasdós, realizado en condiciones similares a las existentes mediante relleno con piedra y posterior inyección con lechada de cal con espesor variable decreciente con la altura del muro. Finalmente se rellenó con zahorra compactada, igualando el perfil de la parte no colapsada, evitando así comportamientos diferentes entre elementos similares y contiguos.

La reconstrucción del muro y de la bóveda ha consistido en la colocación de cada sillar en su posición original y su rejuntado con mortero

Para la reconstrucción del arco se dispuso una cimbra a medida destinada a asegurar la geometría original. El procedimiento de colocación de sillares fue similar al del arco, pieza a pieza y rejuntados con mortero de cal, ejecutándose el trasdosado con piedra y lechada de cal.

Los sillares que no pudieron ser recuperados se sustituyeron por otros de dimensiones similares a los de la obra original, procedentes de canteras seleccionadas teniendo en cuenta las características de un testigo de piedra extraído del puente y ensayado por el Cedex con motivo de una actuación sobre esta estructura realizada

en 2015. El mortero de cal empleado también ha tenido en cuenta los resultados de una muestra de mortero de la fábrica del mismo estribo igualmente tomada por el Cedex. Con esta actuación se ha tratado de respetar al máximo el carácter histórico del muro y la bóveda.

Con carácter complementario a esta obra de cimentación se llevaron a cabo otros trabajos en las pilas 3, 4 y 5 del puente, en las que inspección subacuática había detectado socavaciones importantes. En concreto, un equipo de buzos procedió al encofrado de estas pilas y posteriormente se bombeó hormigón para rellenar oquedades, restaurándose también las zapatas. Con ello se las ha dotado de mayor protección frente a la acción de futuras avenidas.

● **Trabajos finales.** En la última fase de la obra se acometió la construcción de la losa de hormigón en el tablero y la pavimentación de la parte superior del puente, dejándolo listo para su uso, así como la retirada de la cimbra y de la ataguía. La limpieza general y la restitución de la ribera para dejar el lugar como antes de las actuaciones fueron el punto final de la obra.

El Ministerio de Fomento dio por terminadas las obras de emergencia el pasado 20 de febrero, restableciendo ese día la continuidad de la vía de servicio de la A-6 y restituyendo a la autovía el carril “prestado”. Junto al restablecimiento de la importante dimensión funcional del puente de Castrogonzalo, básico para la economía agrícola y ganadera de la zona, pero también utilizado por senderistas del Camino Sur de Santiago y de la Vía de la Plata, la actuación de la ingeniería ha permitido recuperar con rapidez un bien de alto valor histórico y patrimonial que ahora vuelve a lucir como nuevo. ■

*INVESTIGADORES ESPAÑOLES DESARROLLAN PROYECTOS PUNTEROS DE OBSERVACIÓN
ASTRONÓMICA A TRAVÉS DE ALMA*

Tras los secretos del cosmos



PEPA MARTÍN. FOTOS: OBSERVATORIO ASTRONÓMICO NACIONAL Y EUROPEAN SOUTHERN OBSERVATORY (ESO)

Han pasado décadas desde que los científicos del Observatorio Astronómico Nacional (OAN), adscrito al Ministerio de Fomento a través del Instituto Geográfico Nacional (IGN), iniciaran sus estudios sobre el Universo con el radiotelescopio de Yebes, hasta la participación en el proyecto internacional ALMA, el interferómetro más preciso y potente del mundo, que desde su entrada en funcionamiento ha aceptado numerosas propuestas de observación de los astrónomos del Observatorio para sus proyectos de investigación.





Mucho ha evolucionado la observación del espacio desde aquel primer radiotelescopio que los astrónomos del Observatorio pusieron en marcha entre finales de los 70 y principios de los 80 en Yebes (Guadalajara), que a día de hoy está obsoleto, pero que en aquel momento marcó un hito no sólo por sus 14 metros de diámetro, sino porque fue el primero que hubo en España de propiedad nacional, y permitió a los científicos del IGN iniciar su actividad como radioastrónomos.

Luego sirvió para entrenar ingenieros que acabaron montando laboratorios en el propio OAN, y que han permitido a su vez hacer grandes aportaciones a organismos internacionales, como es el caso del Instituto de Radioastronomía Milimétrica (IRAM), en el que se integran, por parte de España, el Instituto Geográfico Nacional del Ministerio de Fomento, del cual depende el Observatorio, el Centro Nacional para la Investigación Científica (CNRS), por parte de Francia, y la Sociedad Max Planck, de Alemania.

De Yebes, los astrónomos del OAN pasaron a utilizar los dos observatorios que este Instituto montó a mediados de los 80 en Pico Veleta, en Sierra Nevada (Granada), de 30 metros de diámetro, y que a día de hoy todavía es el más potente del mundo en su clase, y el

instalado en los Alpes franceses, en el Plateau de Buré, que ha sido el interferómetro de ondas milimétricas más potente del mundo hasta la puesta en funcionamiento de ALMA, el gran observatorio del desierto de Atacama (Chile), que proporciona las imágenes con mayor sensibilidad, las más precisas y con más detalle, nunca vistas hasta ahora del universo en ondas radio.

Aunque tanto los astrónomos como los ingenieros del Observatorio siguen trabajando hoy en día con todos estos instrumentos, poder observar con ALMA permite progresar mucho más rápido en sus estudios gracias a que ofrece unas posibilidades mayores en cuanto a sensibilidad o detalle del cartografiado, por poner unos ejemplos, pero sobre todo por el tiempo en el que se pueden obtener los datos, que es muchísimo menor en relación con otros radiotelescopios. Hay proyectos que sin ALMA no se podrían acometer porque hacerlo con otros instrumentos requeriría unos tiempos de observación im-

► Vista aérea de las antenas de ALMA en el desierto de Atacama.

Observar con ALMA permite a los astrónomos cartografiar el cosmos con un detalle y una velocidad impensables años atrás

► Investigadores españoles han desarrollado hasta la fecha más de 30 estudios publicados en prestigiosas revistas científicas. (Fotografía cortesía de P. Planesas).



posibles, de semanas, y con ALMA, con dos o tres horas de observación, y en algunos casos hasta minutos, ya se obtienen resultados.

Es por ello que el objetivo de los investigadores del OAN es conseguir buenos tiempos de observación con ALMA para avanzar en sus investigaciones, una expectativa que se está cumpliendo con creces ya que, desde su entrada en funcionamiento en 2013, son muy numerosas las propuestas que se están aceptando para que puedan trabajar en los proyectos seleccionados de la forma más eficaz.

Grandes descubrimientos

“Hasta la fecha son más de 30 proyectos los que se han publicado en las revistas de astronomía o científicas más prestigiosas del mundo, en los que han trabajado los astrónomos del Ministerio de Fomento a tra-

vés de observaciones realizadas con ALMA, y al menos ocho de ellos tienen como primer autor a un astrofísico nuestro, a los que hay que sumar otros cuatro proyectos de los que ya tenemos datos y en los que también estamos trabajando”, cuenta Pere Planesas, astrofísico del Observatorio Astronómico Nacional que conoce bien las entrañas de ALMA, ya que estuvo trabajando durante tres años como científico del Observatorio Europeo Austral en la puesta en marcha del interferómetro del desierto chileno de Atacama.

El aprovechamiento científico de ALMA es, por lo tanto, muy positivo. “Si se cuantifica, nos detalla Planesas, la contribución de España en el presupuesto de ALMA es de un 3 por ciento, y el Observatorio Astronómico Nacional obtiene de aprovechamiento científico un 1,5 por ciento de retorno. Si a ello añadimos los beneficios que obtienen los investigadores del Centro Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y de las Universidades,



¿Qué es ALMA?

En el Llano de Chajnantor, Chile, a 5.080 metros de altitud, se ubica ALMA (Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array) el mayor complejo astronómico del mundo, fruto del trabajo conjunto del Observatorio Europeo Austral (ESO), organismo del que España forma parte desde julio de 2006, y del Observatorio Radio Astronómico Nacional (NRAO) de EEUU, junto a los Institutos Nacionales de Ciencias Naturales (NINS) de Japón, además de contribuciones de Canadá, Taiwán, Corea del Sur y Chile.

Compuesto por 66 radiotelescopios —54 de 12 metros de diámetro y los 12 restantes de 7 metros— capaces de moverse al unísono para apuntar directamente hacia cualquier astro, funciona como un interferómetro gigante —un conjunto de radiotelescopios que actúan conjuntamente para simular una antena que tenga el diámetro de las distancias entre todas ellas, en este caso alcanza los 16 kilómetros— para observar longitudes de onda milimétricas y submilimétricas.

Esta característica les permite trabajar de día y noche y penetrar en las nubes de polvo hasta en donde en muchas ocasiones los telescopios tradicionales no pueden ver. La información que captan sus antenas se combinan y se procesan en el llamado correlador, un ordenador gigante considerado el más potente del mundo, compuesto por más de cien millones de procesadores, todo un desafío tecnológico.

Para desarrollar este instrumento de altísima precisión se combinan de forma rigurosa técnicas de vanguardia en construcción de antenas con fibra de carbono, en ingeniería de microondas, en sistemas de comunicación de altísima velocidad, o en equipos de bajísimo ruido operando en regímenes criogénicos, entre otras, que dotan al complejo de un poder de resolución angular —capaz de discernir pequeños detalles— y de una sensibilidad sin precedentes.

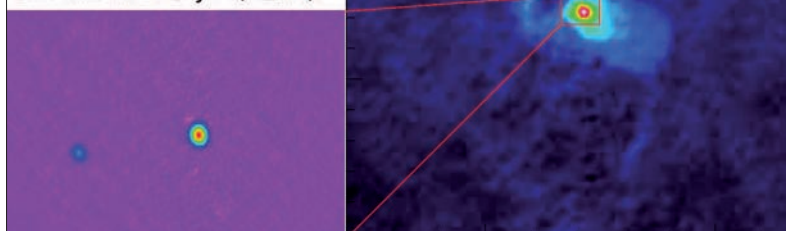
Todo ello no sería posible sin su ubicación —el Llano de Chajnantor es el desierto más árido del mundo— que se eligió por su altura y extrema sequedad, ya que el vapor de agua absorbe las ondas milimétricas y submilimétricas y distorsiona las señales que llegan del espacio, y al hecho de que se encuentra en el hemisferio sur, desde donde la Vía Láctea puede observarse mucho mejor, convertía a este lugar en el más adecuado del mundo.



Cola de Mira en UV (GALEX).

Envoltura molecular (ALMA).

Estrellas Mira B y A (ALMA).

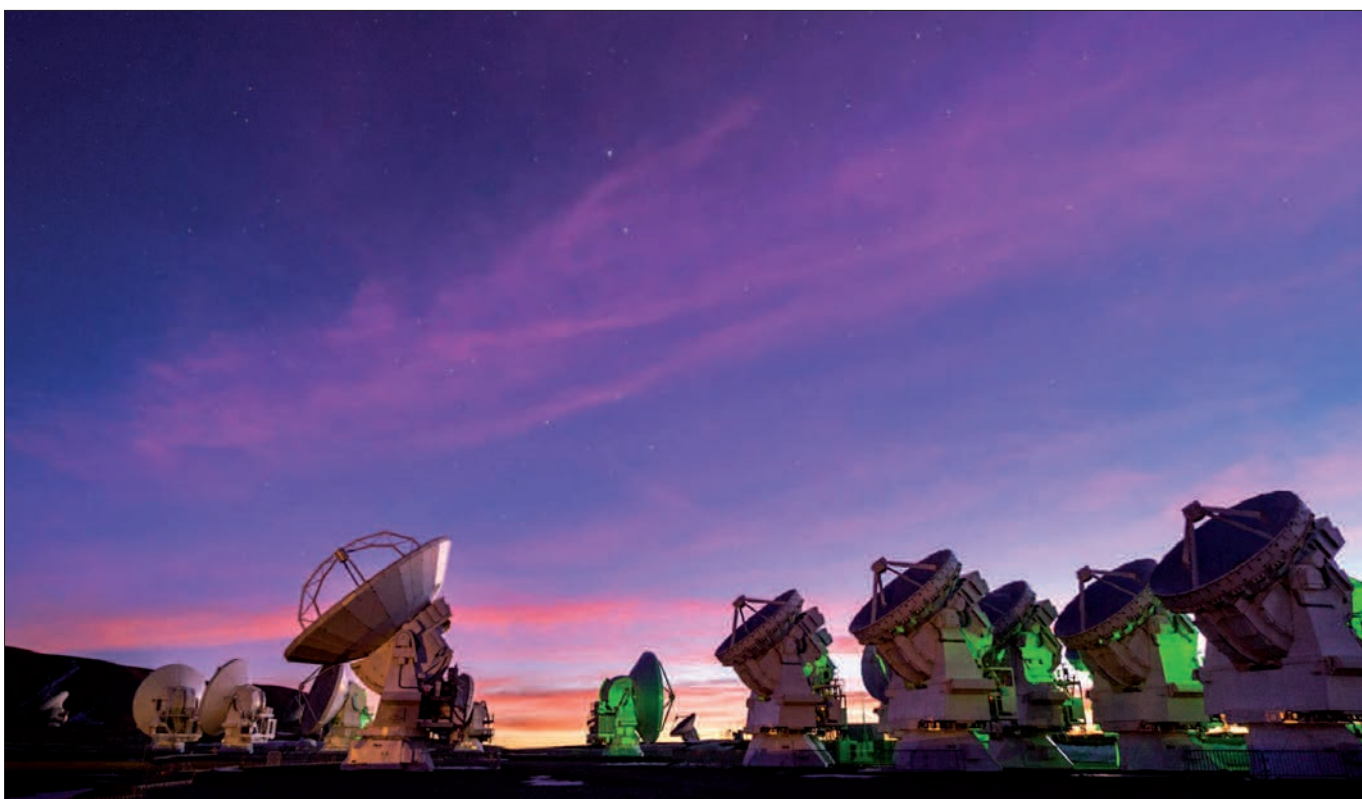


ese 3 por ciento de inversión está más que amortizado porque obtenemos más de lo que aportamos”.

El procedimiento para obtener esos tiempos de observación con ALMA es un tanto complejo, ya que “opera como un telescopio espacial, tú no vas allí a poner el ojo, si no que otras personas expertas en el uso y manejo de este instrumento realizan la observación que tú solicitas”, nos cuenta Pere Planesas. Para ello se realiza una propuesta de observación detallada sobre el estudio en curso, razonando que la observación con ALMA va a permitir realizar las mediciones necesarias para obtener respuestas a aquellas dudas o especulaciones que se quieren comprobar en torno a lo que se ha descubierto anteriormente.

Una vez al año ALMA abre un periodo para que los científicos presenten sus propuestas, para que sean evaluadas por un Comité, constituido a su vez en paneles temáticos, en los que se integran astrofísicos especializados en cada una de las materias, ya sea cosmología, galaxias o estrellas, que escogen los proyectos que consideran mejores, los más adecuados, o los más interesantes. Hay que decir que Rafael Bachiller y Asunción Fuente, astrofísicos del Observatorio, han formado parte del Comité de Dirección y del Comité de Evaluación de Propuestas, respectivamente. Hay un coordinador al que llaman Chairman, que en función de

► Representación artística del anillo de gas y polvo frío que rodea el núcleo de la galaxia espiral NGC 1068 (cortesía de NASA). Al lado, cola que deja la estrella Mira, ampliación que muestra su envoltura medida con ALMA, y segunda ampliación que permite distinguir las dos estrellas que componen la binaria.



► Grupo de antenas de ALMA al atardecer.

los temas invita a los investigadores, que considera son expertos cualificados en la materia, a participar en los paneles.

Suelen recibirse entre 1.000 y 2.000 propuestas y se seleccionan en torno a 300 ó 400. Se solicita entonces a los investigadores de los proyectos elegidos por el Comité que especifiquen cómo desean que se concrete la observación, que se realizará cuando se den las condiciones más idóneas para ello. Una vez obtenidos los datos, que con ALMA al ser tan potente es cuestión de 3 ó 4 horas de observación, a veces incluso de decenas de minutos, los astrónomos de ALMA hacen una evaluación de los resultados para ver si tienen la calidad exigida, y si es así se cuelgan y descargan en una base de datos con la que los científicos ya pueden trabajar para obtener información astrofísica.

El colofón a este proceso, que puede tardar más de un año, es la elaboración de las conclusiones del estudio, redactadas en un artículo que se envía a las revistas más prestigiosas de astronomía, como son *Astronomy and Astrophysics*, en Europa, y *The Astrophysical Journal* en EEUU, o bien a *Nature* o *Science*, que aunque no son especializadas gozan de un gran prestigio. El hecho de que aparezca publicado en ellas, tras su revisión por expertos, es una forma de dar validez a los resultados de la investigación.

La astrofísica intenta resolver las dudas que nos planteamos en torno al origen del Universo, y es por ello que los proyectos en los que trabajan los astrónomos del

OAN giran en torno a temas muy diversos, como puede ser el de la evolución estelar, concretamente la de las estrellas viejas y el nacimiento de otras nuevas y sus planetas, o el estudio no sólo de nuestra galaxia, sino de aquellas otras que nos rodean.

Los estudios de los astrónomos españoles a través de ALMA giran muchos de ellos en torno a la evolución estelar o la formación de planetas y galaxias

Las estrellas nacen, envejecen y mueren, aunque es un proceso tan lento que no es apreciable en escalas de tiempo humanas. El nacimiento, por ejemplo, dura varios cientos de miles de años, y hoy sabemos que empieza cuando en una densa nube molecular, fría, la fuerza de la gravedad inicia un proceso de contracción. El proceso también da lugar a la formación de un disco que puede convertirse en un sistema planetario, pero antes, la estrella que se está formando (protoestrella) produce un rápido viento bipolar formado por dos chorros opuestos de material de alta velocidad que dispersan parte de la nube materna donde nace la estrella y hacen que ésta, una vez formada, sea visible a nuestros ojos.

Estudios con ALMA

Aunque son más de una treintena los proyectos de investigación emprendidos por los astrofísicos del Observatorio Astronómico Nacional mediante datos obtenidos a través de la observación con ALMA desde 2013, hay ocho de ellos que cabe destacar especialmente, más aún considerando que el primer autor es un científico del OAN, adscrito al Instituto Geográfico Nacional dependiente del Ministerio de Fomento.

■ Mario Tafalla y colaboradores, 2017, *Astronomy and Astrophysics*. "Anatomía de los arcos de choque internos del chorro protoestelar IRAS 04166+2706".

■ Valentín Bujarrabal y colaboradores, 2017, *Astronomy and Astrophysics*. "Una segunda nebulosa post-AGB que contiene gas en rotación y en expansión: mapas con ALMA de IW Carinae".

■ Miguel Santander-García y colaboradores, 2017, *Astronomy and Astrophysics*. "Observaciones de alta resolución angular con ALMA de la región de gas molecular denso de NGC6302".

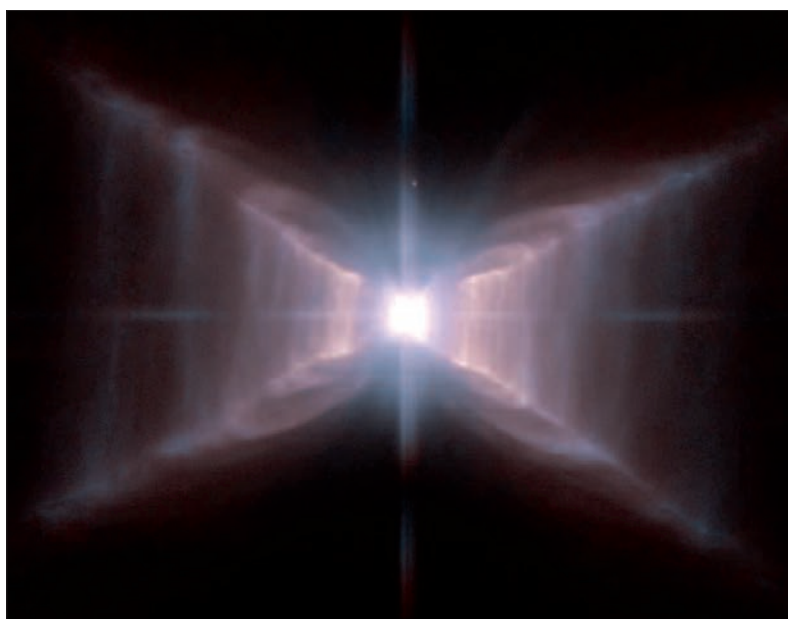
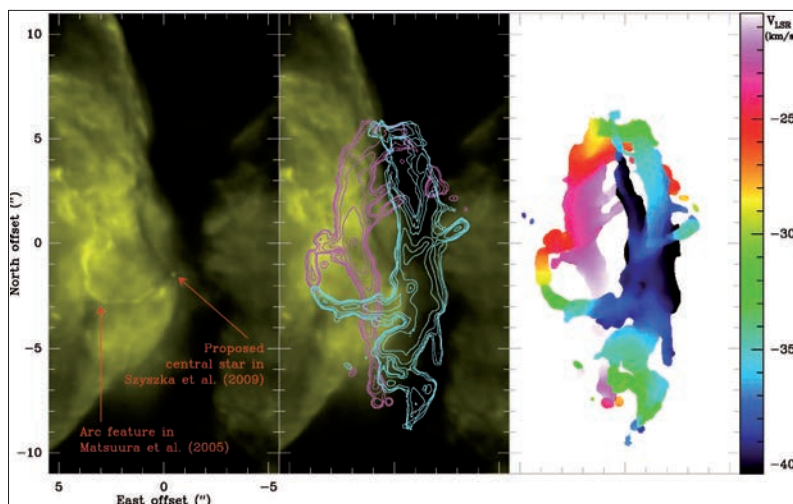
■ Pere Planesas y colaboradores, 2016, *Astronomy and Astrophysics*. "El espectro de radiocontinuo de Mira A y Mira B hasta longitudes de onda submilimétricas".

■ Valentín Bujarrabal y colaboradores, 2016, *Astronomy and Astrophysics*. "Observaciones adicionales con ALMA y modelado detallado del Rectángulo Rojo".

■ Santiago García-Burillo y colaboradores, 2016, *The Astrophysical Journal*. "ALMA resuelve el toroide de NGC1068: emisión en continuo y líneas moleculares".

■ Santiago García-Burillo y colaboradores, 2014, *Astronomy and Astrophysics*. "Emisión de líneas moleculares en NGC1068 cartografiada con ALMA: Un flujo de materia impulsado por el AGN en el gas molecular denso".

■ Valentín Bujarrabal y colaboradores, 2013, *Astronomy and Astrophysics*. "Observaciones con ALMA del Rectángulo Rojo, un análisis preliminar".



Estudios punteros

Observaciones realizadas con ALMA por un equipo liderado por el astrofísico del OAN Mario Tafalla, de los chorros de la protoestrella IRAS 04166+2706, recogidas en *Astronomy and Astrophysics*, han permitido ver detalles desconocidos de su estructura y así constatar la presencia de ondas de choque que por primera vez pueden permitir evaluar la evolución posterior de los chorros y sus efectos sobre la nube ambiente.

Cuando las estrellas envejecen agotando las reservas de combustible nuclear (hidrógeno) de su núcleo, se produce un gran cambio en su imagen tanto en tamaño como en color, y el radio de la estrella se hace tan grande que englobaría (calcinándolo) un planeta que girara con la órbita de la Tierra. A este tipo de estrellas se les llama gigantes rojas, y su característica más notable es

la lenta eyección de materia al espacio circundante, donde los átomos se unen formando moléculas y algunas se agrupan en granos de polvo. Cuando ha eyectado más de la mitad de su masa, queda al descubierto el pequeño núcleo central, una enana blanca.

Ese paso final se produce en mil o dos mil años, en los que también el entorno cambia de forma espectacular, originándose lo que se denominan nebulosas planetarias, de bellas y muy variadas formas. El material expulsado terminará disperso en el espacio interestelar y eventualmente podrá acumularse en una nube molecular en la que nacerá una nueva generación de estrellas.

En torno a estos descubrimientos, otro de los estudios basados en datos de ALMA, liderado por el astrofísico del OAN Pere Planesas, también publicado en la revista europea, ha permitido analizar en detalle la emisión

► Distribución y cinemática de los dos anillos de la densa región molecular de la Nebulosa del Insecto (cortesía de ALMA y NASA/ESA). En la imagen inferior, fotografía de la nebulosa protoplanetaria de Rectángulo Rojo (NASA/ESA).



► Grupo de antenas de ALMA y, debajo, trabajos de ajuste en el correlador.

en ondas de radio de la famosa estrella gigante roja Mira y su pequeña compañera Mira B, mostrando la complejidad de esta última, y permitiendo determinar con mayor precisión que nunca la posición relativa entre ellas.

En la nebulosa planetaria denominada Rectángulo Rojo, hay una estrella binaria estudiada por el astrofísico del Observatorio Valentín Bujarrabal y sus colaboradores, que con observaciones realizadas con ALMA en 2014, y confirmadas con nuevas medidas en 2016, descubrió, inesperadamente, que tenía un disco de materia en rotación en su parte central, lo que ha llevado a especular sobre si tales discos pueden ser determinantes en dar forma alargada a algunas nebulosas planetarias e incluso si podría llegar a formarse algún planeta. En 2017 el mismo equipo ha publicado en *Astronomy and Astrophysics* el descubrimiento, con ALMA, de otro disco con tales características en la nebulosa IW Carinae.

ALMA está revelando situaciones aún más complejas, como ha sido la observación realizada para el estudio liderado por el becario postdoctoral del OAN Miguel Santander, recogido en la revista de astronomía europea, que muestra que la Nebulosa del Insecto (NGC6302) tiene dos anillos de materia girando alrededor de la estrella central, casi perpendiculares entre sí, siendo uno de los anillos mucho más joven que el otro. Se especula si el origen está en que la estrella es triple o si el anillo más débil es fruto de la destrucción de un planeta gigante.

Astrónomos españoles han conseguido por primera vez imágenes de los anillos que rodean los agujeros negros de las galaxias

En cuanto a las investigaciones realizadas en torno a las galaxias activas, otro equipo de astrónomos encabezados por el astrofísico del Observatorio Santiago García Burillo ha conseguido, por primera vez, la imagen de uno de los anillos que, durante mucho tiempo, se pensaba que existen rodeando a los agujeros negros en los núcleos de las galaxias. Hasta la entrada en funcionamiento de ALMA, no había sido posible distinguir estos anillos con los telescopios convencionales, pero el interferómetro de Chile ha permitido observar las entrañas del prototipo de las galaxias activas, la galaxia espiral NGC1068, que se encuentra a una distancia de 47 millones de años luz, dando validez así, por fin, a esta teoría. ■



LA RED DE AENA ALCANZA SU MEJOR REGISTRO HISTÓRICO
Y SUPERA LOS 230 MILLONES DE PASAJEROS EN 2016

Un año para recordar



PEPA MARTÍN. FOTOS: AG AENA

El tráfico de viajeros que utilizaron los aeropuertos españoles creció durante el pasado año un 11 por ciento, un incremento que se ha visto favorecido por la buena marcha del sector turístico, y que ha llevado a Aena a registros de récord, superando en más de 230 millones el número total de pasajeros.



D

e esta forma, 2016 se coloca como el mejor ejercicio en la historia de los aeropuertos nacionales, superando la histórica cifra de 2007, año en el que se registraron 210,4 millones de viajeros. Las perspectivas son además igualmente positivas, ya que la previsión es que durante 2017 continúe esta tendencia al alza.

Los pasajeros que transitaban por nuestros aeropuertos lo hicieron, en su mayoría, en vuelos internacionales, suponiendo un total de 161,7 millones de personas, casi un 12 por ciento más que en 2015, mientras que los 67,5 millones restantes, un 8,8 por ciento más que el año anterior, correspondieron a viajeros de vuelos nacionales.

También gran parte de estos usuarios, 206,6 millones, realizaron vuelos comerciales. De ellos, 144,4 millones fueron en operaciones internacionales, un 5,9 por ciento más que en 2015, lo que supone nuevamente un récord histórico de viajeros en este segmento, mientras que los 62,1 millones restantes fueron nacionales, un 6,1 por ciento más que el año anterior.

El aeropuerto que registró mayor número de pasajeros fue el de Adolfo Suárez Madrid-Barajas, con 50,4 millones durante 2016, un 7,7 por ciento más que el año anterior, el mejor dato de cierre desde 2012 y con el que acumula dos años consecutivos al alza. Por su



parte, el de Alicante-Elche fue el que registró el mayor incremento porcentual, un 16,7 por ciento más, y 12,3 millones de viajeros, superando además por segunda vez en su historia los 10 millones de pasajeros.

Entre los principales aeropuertos cabe destacar también el de Barcelona-El Prat, con 44,1 millones de pasajeros y un 11,2 por ciento más de incremento con respecto al año anterior; Palma de Mallorca, con 26,2 millones y un 10,6 por ciento de aumento; Málaga-Cos-

► Los pasajeros de vuelos internacionales crecieron en el pasado año un 12 por ciento respecto a 2015.



► Durante el pasado año se batió el récord de operaciones en la red de Aena.



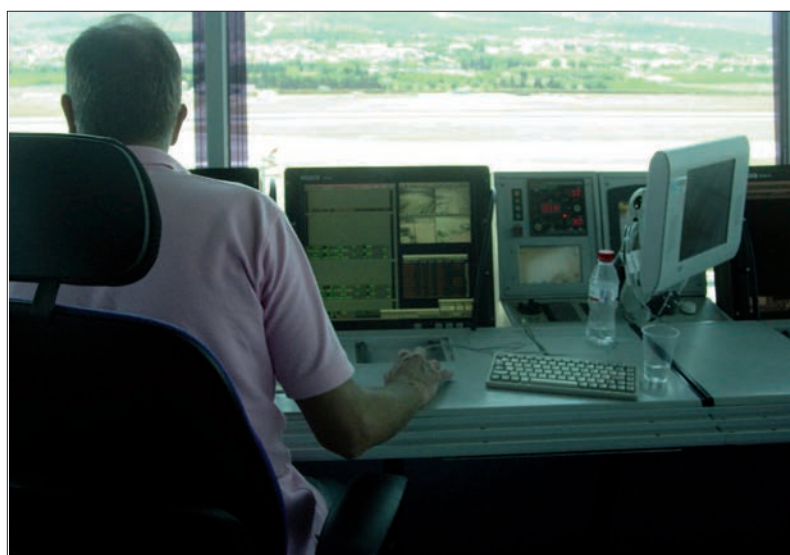
ta del Sol, con 16,6 millones y un 15,7 por ciento más, y Gran Canaria, con 12 millones y un 13,8 por ciento de incremento, todos ellos ubicados en algunas de las zonas más turísticas de nuestro país.

Operaciones

Durante 2016 también se batió el récord de operaciones en la red de Aena, con más de 2 millones de movimientos, un 7,5 por ciento más que el año anterior, siendo también el de Adolfo Suárez-Madrid Barajas el

aeropuerto que se situó en cabeza, con 378.150 operaciones, entre aterrizajes y despegues, lo que supuso un incremento del 3,1 por ciento con respecto al año anterior.

El de Alicante-Elche destaca también en este sentido por su aumento porcentual, cifrado en un 17,6 por ciento, y un total de 87.113 movimientos. Pero los registros más importantes correspondieron a los aeropuertos de Barcelona-El Prat, con 307.864 vuelos, y un 6 por ciento más; Palma de Mallorca, con 197.639, y un incremento del 10,9 por ciento; Málaga-Costa del Sol, con



En el podio de la puntualidad

Además de por su creciente volumen de pasajeros, el aeropuerto Madrid-Barajas Adolfo Suárez destacó también en otros aspectos operacionales como es el de la puntualidad. Un informe de la prestigiosa consultora británica OAG, especializada en el sector aéreo, lo sitúa como el tercero más puntual entre los grandes de Europa, solo por detrás de los alemanes de Múnich y Frankfurt. A nivel mundial, el aeropuerto de Tokio, donde el 91,25% de los vuelos que aterrizan o despegan cumplen con precisión su horario, encabeza este listado de puntualidad, seguido de los de Múnich y Sao Paulo, todos por delante del de Madrid, que en este ranking a escala planetaria se coloca en un digno décimo segundo puesto. Este mismo informe sitúa también a la aerolínea Iberia en el puesto número ocho del ranking de puntualidad entre más de cien compañías internacionales.

Por encima de la media europea

La buena marcha del sector aéreo también se ha trasladado a la gestión del tráfico aeroportuario. Según los registros de Enaire, el gestor de la navegación aérea en España, en 2016 también se ha conseguido un récord histórico en cuanto al número de vuelos controlados, un 7,9 por ciento más, un porcentaje muy por encima de la media europea, que se situó en un 2,7 por ciento.

Así, a lo largo del pasado año, Enaire ha gestionado 1.867.734 vuelos, lo que supone 137.300 movimientos de incremento con respecto al año anterior, un crecimiento que viene siendo una constante durante los últimos 39 meses. Por tipo de tráfico, los vuelos internacionales alcanzaron un total de 1.115.360 operaciones, un 10,1 por ciento más, mientras que los nacionales sumaron 370.062 operaciones, un 4,3 por ciento más, y los sobrevuelos, que son los movimientos entre aeropuertos no españoles que transitan por el espacio aéreo español, crecieron un 5,4 por ciento, hasta alcanzar la suma de 382.312 gestionados.

El centro de control aéreo de Enaire que más vuelos gestionó fue el de Madrid, con un total de 1.027.379 operaciones, y un incremento del 6,6 por ciento; el de Barcelona, con 866.337 vuelos gestionados, sumó por su parte un 8,6 por ciento más; Sevilla, por su parte, alcanzó un total de 356.757 operaciones y un 7,1 por ciento de incremento; el de Canarias, gestionó un total de 309.011 vuelos, con un aumento del 10,7 por ciento, mientras que el de Palma de Mallorca, que registró el mayor incremento porcentual, logró un total de 295.172 operaciones en términos absolutos, lo que significó el 11,2 por ciento más.

Es preciso aclarar que la suma de los vuelos de los cinco centros de control que Enaire gestiona en nuestro país no se corresponde, sin embargo, con la suma total de los vuelos programados por cada uno de ellos. Ello se debe a que un vuelo se contabiliza en función de la ruta y el espacio aéreo que atraviesa, y si sale, por ejemplo, del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas con destino al aeropuerto de Barcelona-El Prat se contabilizarán las operaciones de control llevadas a cabo respectivamente en cada uno de ambos centros.

123.700 movimientos y un aumento del 13,6 por ciento, y el de Gran Canaria, con 111.996 operaciones, y un 11,5 por ciento más.

En el capítulo concerniente al transporte de mercancías, durante 2016 el incremento global fue de un 11,2 por ciento con respecto al año anterior, contabilizándose en total más de 800.000 toneladas operadas en la red de Aena. Los cuatro aeropuertos que registraron mayor tráfico fueron los siguientes: Adolfo Suárez Madrid-Barajas, con 415.773 toneladas y un incremento del 9 por ciento; Barcelona- El Prat, con 132.754 toneladas y un 13,3 por ciento más; Zaragoza, con 110.563 toneladas y el mayor crecimiento porcentual, alcanzando has-



► En 2016, Enaire batió también su registro de vuelos controlados, alcanzándose un total de 1.867.734.



ta el 29 por ciento, y Vitoria, con 52.134 toneladas de mercancías transportadas y un aumento respecto a 2015 del 12,4 por ciento.

▲ Crecimiento consolidado

La tendencia anual al alza en el incremento de los tráfico fue especialmente significativa durante el mes de diciembre de 2016, mes en el que se contabilizaron 13,3 millones de pasajeros en los aeropuertos de Aena. Esta cifra significó un aumento del 9 por ciento en cuanto a pasajeros. También los más de 131.000 vuelos

► El tráfico de pasajeros de vuelos nacionales creció un 8,8 por ciento a lo largo de 2016.



registrados ese mismo mes se tradujeron en un aumento del 7,1 por ciento más con respecto a diciembre de 2015. Se trata de un dato especialmente significativo que avalla y consolida la tendencia de crecimiento continuado que viene produciéndose de forma consecutiva en los últimos 26 meses.

El aeropuerto madrileño también está a la cabeza de esta tendencia teniendo en cuenta que durante el último mes del pasado año transitaron por sus instalaciones más de 4 millones de pasajeros, en su mayoría para utilizar vuelos comerciales, lo que representa un

porcentaje de crecimiento del 10,6% con respecto al mismo periodo de 2015. De ese total de viajeros, 1.107.067 lo fueron en vuelos con origen/destino nacional, lo que representó un 8,1 por ciento más que el año anterior, y otros 2.922.851 fueron pasajeros en vuelos internacionales, cifra que representó un incremento de un 11,5 por ciento respecto a diciembre de 2015.

**En 2016 creció el transporte
aéreo de mercancías,
superándose las 800.000
toneladas**



En cuanto al número de operaciones registradas en ese mismo mes de diciembre, se alcanzó un total de 30.269, un 3,5% más que el mismo mes de 2015. De ellas, 10.044 correspondieron a tráfico nacional, un 1,6 por ciento más que en diciembre de 2015, y otras 20.136 lo fueron de tráfico internacional, con un 4,3 por ciento de aumento respecto al mismo mes del año anterior. Esta tendencia tuvo lugar también en el tráfico de mercancías, que alcanzó las 38.309 toneladas gestionadas, un 12,5 por ciento más con respecto a diciembre de 2015. ■

EL PARQUE MINERO DE RÍOTINTO CONSERVA ALGUNAS DE LAS MÁQUINAS DE VAPOR MÁS ANTIGUAS DE ESPAÑA

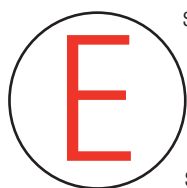
A todo vapor



MARIÁN CAMPRA GARCÍA DE VIGUERA. FOTOS: ARCHIVO FUNDACIÓN RÍOTINTO

Una de las locomotoras de vapor más antiguas de España en funcionamiento circula aún por Río Tinto, en la provincia de Huelva, a lo largo de un antiguo trazado rehabilitado que se empleaba para el transporte del mineral. Es la número 14, del tipo C, y fue construida en el año 1875 por la prestigiosa firma británica Beyer Peacock. La ruta llegaba hasta el puerto de Huelva. Aún hoy el viajero puede hacer parte de aquel recorrido en esta locomotora y admirar otras piezas igualmente legendarias conservadas en el Museo del Parque Minero de Río Tinto.





s toda una experiencia remontarse al pasado con sólo subir a este tren propulsado por una locomotora de vapor que tiene más de 140 años y dentro de un vagón con olores y sonidos que nos recuerdan al siglo XIX, en plena expansión de la revolución

industrial.

Todo empieza con la llegada del consorcio británico "Rio Tinto Company Limited", en 1873, que obtiene del Gobierno español la concesión para explotar los recursos mineros de la comarca de Río Tinto. La construcción del ferrocarril tenía como principal objetivo la conexión de las minas con el puerto de Huelva. Un total de más de 300 kilómetros de vías, de los cuales algo más de 260 correspondían a ramales de conexión (entre los yacimientos, talleres, depósitos de decantación y tratamiento del mineral, etc.) y otros 84 a la línea comercial entre la estación de Río Tinto y el puerto de Huelva, el ferrocarril de vía estrecha de Río Tinto (1.067 mm.).

Las obras de plataforma se iniciaron simultáneamente desde cinco puntos diferentes en el mismo año de 1873 y la construcción tardó tan solo dos años, todo un récord para la época. Finalizó el 28 de julio de 1875 y supuso un coste total de 767.190 libras de entonces. El trazado, supervisado por el ingeniero George Bairclay Bruce, cruzaba arroyos y barrancos mediante un total de 8 puentes de hierro, además de cinco túneles. Los trenes hacían parada en 12 estaciones, casi siempre sin perder de vista el curso del río Tinto. Por su trazado y su intenso tráfico, especialmente durante los años de mayor actividad minera, desde 1876 y hasta el primer tercio del siglo XX, se puede decir que fue uno de los ferrocarriles de vía estrecha más importantes del mundo.

Por entonces, en 1876, estaban ya operativos en el puerto de Huelva el muelle y el cargadero de minerales, una de las joyas de nuestro patrimonio industrial, con más de un kilómetro de longitud. Gracias a él, los trenes podían cargar y descargar directamente en los barcos atracados. El cargadero se mantuvo plenamente operativo hasta 1975. Por su parte, el servicio de ferrocarril también fue desde su entrada en funcionamiento uno de los de mayor intensidad en cuanto a tráfico de viajeros, calculándose que solo en sus primeras dos décadas de actividad, hacia el 1900, ya habían viajado en él más de un millón de personas.

Tráficos

La Rio Tinto Company Limited no escatimó tampoco en cuanto al material rodante, habiéndose inventariado unos 1.300 vagones y cerca de 2.000 vagonetas de diferentes tipos y tamaños destinados a la carga de mineral, que según estimaciones rondó los 130 millones de toneladas métricas a lo largo de los casi 100 años



► Locomotora nº 106 en uno de sus últimos viajes con pasajeros hacia 1977.

de vida del ferrocarril minero. Igualmente, y por lo que respecta al parque de maquinaria, los historiadores de la Fundación Río Tinto han documentado que en total, y a lo largo de los casi cien años durante los que la línea estuvo operativa, se pusieron en servicio unas 147 locomotoras de vapor, además de nueve diésel hidráulicas y otras 21 eléctricas. Estas últimas fueron utilizadas en los túneles de enlace entre las minas y los depósitos de tratamiento del mineral. Por su parte, de las 147 locomotoras documentadas se han catalogado a su vez diez modelos diferentes y otras trece tipologías también distintas. Todas ellas, excepto seis, fueron de fabricación inglesa y se construyeron entre los años 1874 y 1954. En cuanto al transporte de viajeros, el ferrocarril dispuso de un total de 41 coches de pasajeros que comprendían dos tipos: los de primera clase, para los directivos de la compañía, y los de segunda, para trabajadores y otros viajeros.

El ferrocarril minero siguió funcionando durante todo el tiempo que la Rio Tinto Company Limited fue propietaria de las minas. También prolongó su existencia hasta más allá de 1954, cuando la explotación pasó a un consorcio de empresas españolas. Su uso comenzó a decaer a partir de 1964, cuando se construye el Polo



Vagón tolva del tipo MB años 30 del siglo XX. Foto A.F.R.T.

Químico de Huelva. Desde entonces el mineral ya no se embarcaba hacia Inglaterra y resultaba más rentable transportarlo en camiones. Finalmente, en el año 1975 el muelle levantado por los ingleses dejó de utilizarse para el embarque de mineral y, en 1984, la línea férrea terminó también por clausurarse después de que un 8 de febrero el último tren cubriera el trayecto entre Las Mallas y la estación de Río Tinto.

Conservación de las locomotoras

De las 147 locomotoras de vapor con las que llegó a contar en su día el Río Tinto Railway, en la actualidad se conserva casi una decena. De ellas dos han sido completamente restauradas y se encuentran en perfecto or-

den de marcha, siendo las que se utilizan en el Ferrocarril Turístico Minero. Son la número 14 de la clase "C" y la 51 de la clase "I". También hay otras dos que fueron rehabilitadas y que pueden admirarse en el Museo Minero. Se trata de la número 106 de la clase "K" y la 150 de la clase "N". Otra pareja se encuentra actualmente en proceso de restauración, la número 146 de la clase Garratt y la 204 de la clase "200". Además las números 201, 203 y 205 de la clase "200" cuentan a día de hoy con avanzados proyectos de reparación.

De las nueve locomotoras diésel hidráulicas y los seis automotores con que llegó a contar el parque móvil del Ferrocarril Minero de Río Tinto, actualmente se conservan cuatro de estas locomotoras y otros dos automotores. 4 de estas unidades están en perfecto orden de marcha.

► La locomotora nº 14 a su paso por Zarandas.



Locomotora 932 Maniobrando en la zona de Zarandas-Naya en 1978. Foto A.F.R.T.

También se emplearon 21 locomotoras eléctricas, principalmente en los túneles de conexión de las minas con las plantas de tratamiento y fundición del mineral. Algunas de ellas eran de baterías o acumuladores para un ancho de vía de 610 mm., muy apropiadas para el trabajo en contramina. Actualmente la Fundación Río Tinto conserva dos locomotoras eléctricas. De ellas, la número 1 fue restaurada para exposición, encontrándose instalada en la sala 12 del Museo Minero de Río Tinto. La número 3 está estacionada en Zarandas en proyecto de reparación.

Por lo que concierne al parque remolcado, la Fundación Río Tinto solo conserva dos coches de viajeros, uno

de primera clase y otro de tercera, del total de 41 de los que dispuso el ferrocarril. Tan escaso parque de vehículos conservados se debe a que tras el cese del tráfico de viajeros, gran parte de los coches de viajeros fueron desguazados.

Esto hizo que a partir del año 1992, cuando la Fundación decide sacar adelante el proyecto del Ferrocarril Turístico, encargara también la construcción de varios vagones.

Hoy, además de admirar ese material móvil, en el Museo de la Fundación se pueden contemplar numerosos elementos auxiliares del ferrocarril como campanas, termómetros, faroles, semáforos, máquinas de telégrafos utilizadas para comunicar cualquier posible incidencia entre las estaciones, así como placas de las locomotoras, carteles de estación, cambios de vía manual o palas de carboneros.

▶ Viaje en ferrocarril al siglo XIX

La Fundación Río Tinto, creada en 1987 para salvaguardar y promocionar el patrimonio histórico minero de la comarca, ha recuperado unos 12 kilómetros de la antigua línea comercial, además de diversas locomotoras y vagones procedentes del parque móvil de la antigua compañía minera. El tren turístico, que se desliza por un pequeño recorrido paralelo al curso del río Tinto, permite evocar aquellos antiguos viajes gracias no solo a la buena restauración y reproducción de sus materiales, sino también a coquetas estaciones como la de Los Frailes o el inolvidable tramo de Zarandas. Desde la ventanilla, el afortunado pasajero, generalmente grupos familiares de turismo en la zona, puede disfrutar del escenario de las minas y también del bello paisaje de la serranía del Andévalo, con sus colinas, llanuras, monte bajo, pinares y cortas mineras, en unos parajes cuyos recursos mineros ya fueron explotados por los tarteros hace más de tres milenios.

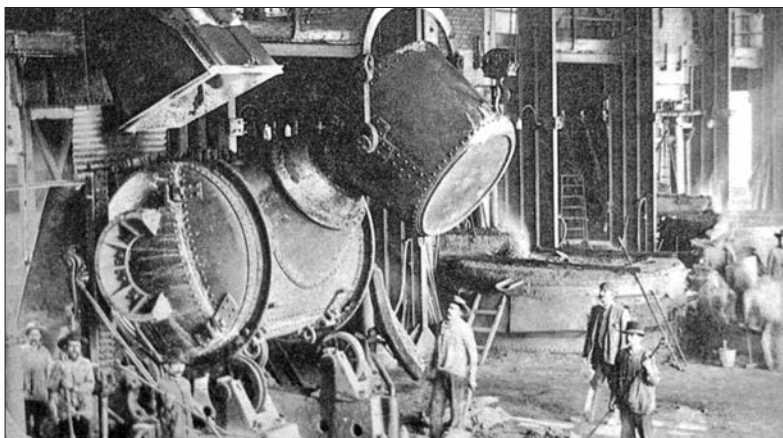
La locomotora nº 14, hoy completamente restaurada y en funcionamiento, fue construida en Manchester en 1875

Así, cuando arranca la vieja locomotora de vapor nº 14, construida en Manchester en 1875, el viajero parte al encuentro de un pasado menos lejano de lo que parece. La locomotora, con el número de serie 1439, fue adquirida en su día por unas 2.000 libras y formaba parte de un lote de otras doce locomotoras comprado por la Río Tinto Company Limited. Podía remolcar hasta 25 vagones de mineral del tipo A, de 10 tonela-

▶ Trabajos de construcción del cargadero de minerales en el puerto de Huelva (1875). La Ilustración Española y Americana.



▶ Tren de pasajeros hacia 1966.



▶ Interior de la fundición a finales del XIX.



► La locomotora nº 51 en la estación de Zarandas.

das cada uno, y hacía el recorrido entre Río Tinto Estación y el puerto onubense, unas tareas a las que estuvo destinada durante unos veinte años. Para su restauración se aprovecharon elementos de bronce originales de la cabina así como los embellecedores procedentes de otras máquinas similares conservados entre los fondos del Museo Minero. Luego se procedió al pintado de los exteriores siguiendo los colores característicos del Ferrocarril de Río Tinto: la locomotora en negro mate,

con la topera delantera y trasera en rojo bermellón, usado también en parte de las bielas. Se rotuló también el numeral catorce en grande y muy visible, en blanco y con una altura de ocho pulgadas, tal y como había regularizado Mr. Lewis, jefe del departamento ferroviario de la compañía desde los años 30 del siglo XX.

Los trabajos de restauración y reparación duraron un año y medio y se llevaron a cabo por profesores y alumnos de la Escuela Taller de la Fundación Río Tinto, finalizando el 30 de enero de 2003. La intervención en la carrocería fue muy liviana, limitándose a unos pocos arreglos; se sustituyó la cubierta del domo y el chasis fue revisado y reforzado, al igual que la suspensión y el sistema de frenos. En cuanto al equipo motor, la caldera se puso a prueba y, tras comprobar que funcionaba con normalidad, tan solo se procedió a unas pocas intervenciones para asegurar su estanqueidad, al igual que en la caja de fuego.

El primer domingo de febrero de 2003 fue puesta en orden de marcha en el circuito del Ferrocarril Turístico Minero del Parque Minero de Río Tinto, donde desde entonces presta servicio. Se convertía así en la locomotora de vapor más antigua de España en funcionamiento. Toda una reliquia que aún evoca el sabor clásico de la voz “pasajeros al tren” mientras su corazón de vapor palpita en el andén. ■



Locomotor nº 204 en la Estación de Huelva 1965. Foto A.F.R.T.

Centro de publicaciones

Librería de publicaciones oficiales



www.fomento.gob.es

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91

Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)

Por correo electrónico: cpubic@fomento.es



Especial



30

Vías Verdes por España

RECOPILACIÓN ESPECIAL
DE REPORTAJES
PUBLICADOS EN LA
REVISTA ENTRE 2009 Y
2012 Y OTROS DE
NUEVA EDICIÓN

Una selección de antiguos trazados ferroviarios, hoy acondicionados por el Programa de Vías Verdes, para descubrir la naturaleza y el patrimonio histórico de los territorios que surcaron a través de 30 rutas accesibles para todos.



PVP: 10 €



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91

Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)

Por correo electrónico: cpubic@fomento.es

2017

Mapa Oficial de Carreteras[®] ESPAÑA

Incluye:

- Cartografía (E. 1:300.000 y 1:1.000.000)
- DVD interactivo actualizable vía web (windows 7 o superior)
- Caminos de Santiago en España
- Alojamientos rurales 
- Guía de playas de España
- Puntos kilométricos
- Índice de 20.000 poblaciones
- Mapas de Portugal, Marruecos y Francia

2017 Mapa Oficial de Carreteras[®] ESPAÑA

DVD INTERACTIVO
(Windows 7 o superior)
Versión 22.0

Español / Inglés
Actualizable vía Web

ISBN: 978-84-498-1008-4
N.I.P.O.: 161-15-053-9
D.L.: M-30004-2016



Copyright. Prohibida la reproducción total y parcial, incluso el volcado del contenido a cualquier soporte, incluyendo sistemas de recuperación de información, ni servir de base para una aplicación distinta o funciones análogas, sin expresa autorización escrita del propietario del Copyright.

Edición 52
P.V.P.: 22,74€

También en el DVD:

- 1112 Espacios Naturales Protegidos
- 152 Rutas Turísticas
- 117 Vías Verdes

Centro virtual de publicaciones

Librería virtual y descarga de publicaciones oficiales

www.fomento.gob.es



Centro virtual de publicaciones del Ministerio de Fomento:
www.fomento.gob.es

Catálogo de publicaciones de la Administración General del Estado:
<http://publicacionesoficiales.boe.es>

Título de la obra: **Revista del Ministerio de Fomento, nº 670, marzo 2017.**

Autor: Ministerio de Fomento, Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones

Año de edición: 2017

Características Edición:

1ª edición electrónica: mayo 2017

Formato: PDF

Tamaño: 15 MB

Edita:

© Ministerio de Fomento
Secretaría General Técnica
Centro de Publicaciones

NIPO: 161-15-006-6

I.S.S.N.: 1577-4929

P.V.P. (IVA Incluido): 1,50€

Aviso Legal: Todos los derechos reservados. Esta publicación no podrá ser reproducida ni en todo, ni en parte, ni transmitida por sistema de recuperación de información en ninguna forma ni en ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico o cualquier otro.

