



La revista de los
Ingenieros de Caminos,
Cañales y Puertos

3617 FEBRERO 2020

REVISTA DE
OBRAS PÚBLICAS
R O P



NOTICIAS

- Fernando Sáenz Ridruejo y Leonardo Fernández Troyano, ingenieros laureados de la Real Academia de Ingeniería
- Pablo Bueno Sainz, miembro de honor del Instituto de Ingeniería de España
- José Trigueros, nuevo presidente de la Asociación de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y de la Ingeniería Civil

COYUNTURA

- La autovía Gerendiaga-Elorrio
por J. M. Baraibar y M. Gil Oceja







EDITORIAL

Este número de la Revista de Obras Públicas que el lector tiene en sus manos está lleno de noticias de acontecimientos que afectan a la profesión, algunas de ellas francamente gozosas porque suponen un reconocimiento para compañeros relevantes.

José Trigueros, con larga trayectoria profesional y actualmente director del Centro de Experimentación de Obras Públicas, es el nuevo presidente de la Asociación de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, en sustitución de Vicent Esteban Chapapría. La victoria de Trigueros ha sido al frente de un programa en el que ha defendido cinco compromisos: impulsar liderazgo de la AICCPIC dentro del Instituto de la Ingeniería de España; potenciar la Asociación hacia un puesto de liderazgo también en la sociedad civil; participar en debates de actualidad; promover jornadas y conferencias en las Escuelas de Ingeniería de Caminos, así como avanzar en la internacionalización de la institución.

Dos ilustres compañeros, Fernando Sáenz Ridruejo y Leonardo Fernández Galiano, recibieron el título de Ingenieros Laureados de la Real Academia de Ingeniería. La presentación de ambos laureados fue realizada por la académica Josefina Gómez Mendoza. El también académico Miguel Aguiló fue el encargado de pronunciar la laudatio de Fernando Sáenz Ridruejo, tras la que el ingeniero laureado pronunció una conferencia magistral titulada 'Aportaciones de los ingenieros de Caminos a la difusión del conocimiento'. Por su parte, Antonio Martínez Cutillas, Dr. Ingeniero de Caminos y profesor de la Universidad Politécnica Madrid, realizó la laudatio de Leonardo Fernández Troyano, quien, a continuación, ofreció una conferencia magistral titulada 'El puente, obra de ingenieros'.

También Pablo Bueno Sainz, fundador y presidente de honor de TYPESA, ha recibido del Instituto de la Ingeniería de España la distinción honorífica Miembro de Honor por sus relevantes méritos en pro de la Ingeniería, una brillante

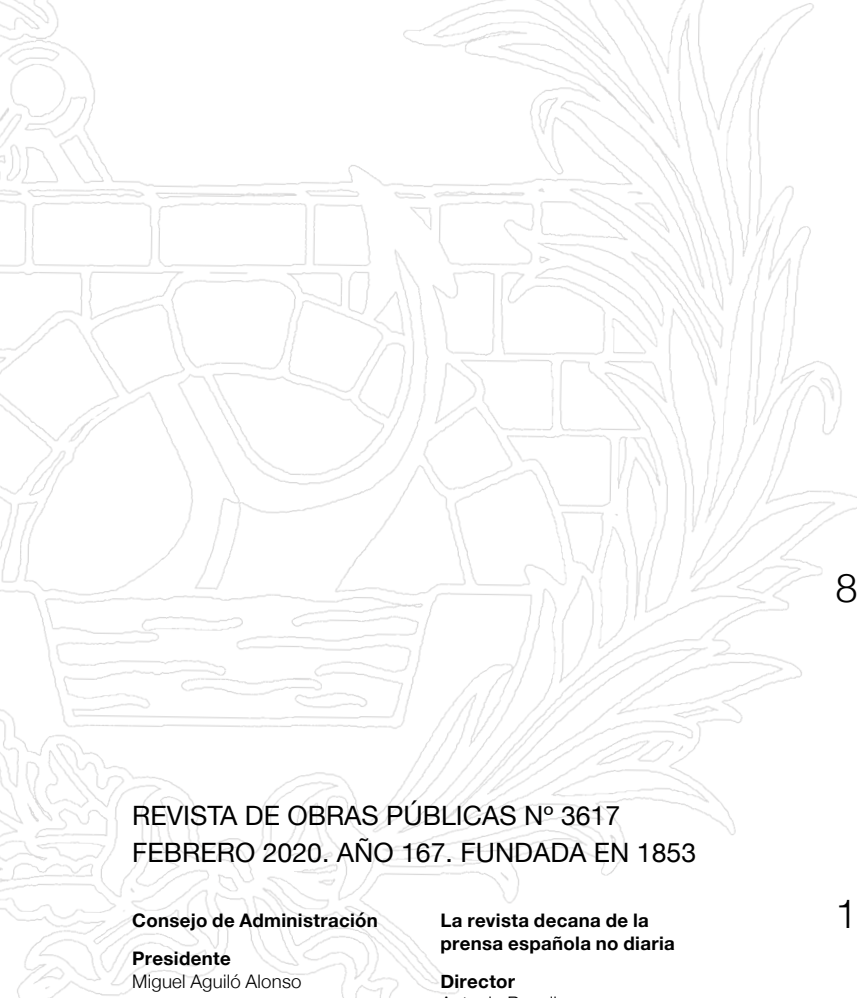
carrera como ingeniero y su inestimable colaboración con el IIE; todo ello le consagra como uno de los ingenieros de Caminos, Canales y Puertos más importantes e influyentes de nuestro país, reconocido tanto a nivel nacional como internacional. Realizó la laudatio Ramón Tamames y a ella respondió el galardonado con una sentida intervención sobre el valor de la ingeniería y de las ingenierías.

En la Parte II de la ROP, dedicada a Coyuntura, se publica un artículo del arquitecto Fernando da Casa Martín sobre "La Academia de Ingenieros Militares de Guadalajara. Precursora de las actividades politécnicas". La primera academia militar del arma de Ingenieros se creó en 1803 en Alcalá de Henares, aunque durante su etapa más larga residió en Guadalajara (entre 1833 y 1931). A continuación se incluye otro artículo, sugerente y curioso, obra de María José Carralero, "El arpa y el espacio. Imagen y presencia en la ingeniería", en el que se destaca la vinculación de este instrumento con la ingeniería del sonido. El ingeniero de Caminos Matías J. Esteras publica "Evolución y comparación de la dotación de infraestructuras y de la demanda de transporte terrestre en España y los principales países de la UE".

La parte III, Ciencia y Técnica, de la revista se abre con un trabajo de tres profesionales colombianos –Jaime Cárdenas Gil, M. Fernanda Serrano Guzmán y Diego Darío Pérez Ruiz– titulado "Comparación de procedimientos administrativos empleados en obras ejecutadas por el sector público y el sector privado". Jesús Ángel Coronado y Alfonso García Santos aportan el trabajo "Estudio de pastas de yeso y cemento. Incidencia de las proporciones en sus propiedades físico-mecánicas a corto plazo". Los técnicos Ángel Carlos Rodríguez, Pablo Zapico, Ricardo Yebra y Endika Fullaondo publican "Nueva tecnología para la ejecución de cruces aéreos de puntos complejos y su comparación con el precio de los sistemas tradicionales". Por último, los ingenieros de Caminos J.M. Baraibar y M.Gil Oveja publican un trabajo sobre "La autovía Gerediaga-Elorrio".

En la última parte de la ROP se reseña el último libro del presidente de la Revista, Miguel Aguiló, "La construcción de Canadá en Toronto. Desde los extremos del río San Lorenzo", de la Colección ACS. También el volumen de Carlos Nárdiz "El paisaje en la ingeniería" (Cedex, 2019). Y finalmente, una biografía: "José Luis Manzanares Japón, humanista y visionario", de Antonio Papell (Colección Ingenieros Empresarios para la Historia, Tomo II. Deusto, 2020).

Antonio Papell
Director de la ROP



REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS Nº 3617
FEBRERO 2020. AÑO 167. FUNDADA EN 1853

Consejo de Administración

Presidente

Miguel Aguiló Alonso

Vocales

Juan A. Santamera
José Polimón
Vicent Esteban Chaparria
Tomás Sancho
José Javier Díez Roncero
Francisco Martín Carrasco
Benjamín Suárez
José Luis Moura Berodía
M^a del Camino Blázquez Blanco

Comité Editorial

Pepa Cassinello Plaza
Vicent Esteban Chaparria
Jesús Gómez Hermoso
Conchita Lucas Serrano
Antonio Serrano Rodríguez

Edita

Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Calle Almagro 42
28010 - Madrid

Foto de portada

Detalle de conectores en ala
superior del cajón metálico
mixto de la OF 1.1. Autovía
Gerediaga-Elorrio

Foto de interior de portada

Tramo Muntzaratz-Elorrio de la
autovía Gerediaga-Elorrio

**La revista decana de la
prensa española no diaria**

Director

Antonio Papell

Redactora jefe

Paula Muñoz

Diseño

Julián Ortega

Maquetación y edición

Diana Prieto

Publicidad

Almagro, 42 - 4^a Plta.
28010 Madrid
T. 913 081 988
rop@ciccp.es

Imprime

Gráficas 82

Depósito legal

M-156-1958

ISSN

0034-8619

ISSN electrónico

1695-4408

ROP en internet

<http://ropdigital.ciccp.es>

Suscripciones

[http://ropdigital.ciccp.es/
suscripcion.php](http://ropdigital.ciccp.es/suscripcion.php)
suscripcionesrop@ciccp.es
T. 91 308 19 88

Parte I NOTICIAS

8 JOSÉ TRIGUEROS,
NUEVO PRESIDENTE
DE LA ASOCIACIÓN DE
INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS Y DE
LA INGENIERÍA CIVIL

10 FERNANDO SÁENZ
RIDRUEJO Y LEONARDO
FERNÁNDEZ TROYANO,
INGENIEROS LAUREADOS
DE LA REAL ACADEMIA DE
INGENIERÍA

28 PABLO BUENO SAINZ,
MIEMBRO DE HONOR DEL
INSTITUTO DE INGENIERÍA
DE ESPAÑA

Parte II COYUNTURA

42 LA ACADEMIA DE
INGENIEROS MILITARES DE
GUADALAJARA
FERNANDO DA CASA MARTÍN

50 EL ARPA Y EL ESPACIO
MARÍA JOSÉ CARRALERO

SUMARIO

- 54 **EVOLUCIÓN Y COMPARACIÓN DE LA DOTACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS Y DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE TERRESTRE EN ESPAÑA Y LOS PRINCIPALES PAÍSES DE LA UE**
MATÍAS J. ESTERAS

Parte III

CIENCIA Y TÉCNICA

- 70 **COMPARACIÓN DE PROCEDIMIENTOS ADMINISTRATIVOS EMPLEADOS EN OBRAS EJECUTADAS POR EL SECTOR PÚBLICO Y EL SECTOR PRIVADO**
JAIME CÁRDENAS GI,
M. FERNANDA SERRANO GUZMÁN Y
DIEGO DARÍO PÉREZ RUIZ
- 76 **ESTUDIO DE PASTAS DE YESO Y CEMENTO**
JESÚS ÁNGEL CORONADO Y
ALFONSO GARCÍA SANTOS
- 82 **NUEVA TECNOLOGÍA PARA LA EJECUCIÓN DE CRUCES AÉREOS DE PUNTOS COMPLEJOS Y SU**

COMPARACIÓN CON EL PRECIO DE LOS SISTEMAS TRADICIONALES

PABLO ZAPICO, ÁNGEL CARLOS RODRÍGUEZ, RICARDO YEBRA Y ENDIKA FULLAONDO

- 86 **LA AUTOVÍA GEREDIAGA-ELORRIO**
J. M. BARAIBAR Y M. GIL OCEJA

LIBROS

RESEÑAS DE LAS NOVEDADES EDITORIALES

- 99 **LA CONSTRUCCIÓN DE CANADÁ EN TORONTO. DESDE LOS EXTREMOS DEL RÍO SAN LORENZO**
AUTOR: MIGUEL AGUILÓ
- 101 **EL PAISAJE EN LA INGENIERÍA**
AUTOR: CARLOS NÁRDIZ
- 105 **JOSÉ LUIS MANZANARES JAPÓN, HUMANISTA Y VISIONARIO**
AUTOR: ANTONIO PAPELL
- 108 **TRES SISTEMAS. FILOSOFÍA PARA INGENIEROS**
AUTOR: JOSÉ LUIS GONZÁLEZ VALLVÉ

José Trigueros

Nuevo presidente de la Asociación de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y de la Ingeniería Civil



La Asociación de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y de la Ingeniería Civil celebró elecciones el pasado 22 de enero para renovar su Junta Directiva. Durante la consulta, a la que estaban convocados 3 299 asociados, ha sido elegido como presidente José Trigueros, quien en estos momentos es director del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (Cedex).

Bajo el lema 'Una Asociación para ti', la candidatura de José Trigueros ha apostado por cinco compromisos: impulsar liderazgo de la AICCPIC dentro del Instituto de la Ingeniería de España; potenciar la Asociación en un puesto de liderazgo también en la sociedad civil; participar en debates de actualidad; promover jornadas y conferencias en las Escuelas de Ingeniería de Caminos; así como avanzar en la internacionalización de la institución.

En estas elecciones, han participado casi 548 asociados que han podido ejercer su derecho al voto tanto de manera presencial, por correo postal o en modalidad de voto electrónico, que ha sido utilizado por un 78 % de los asociados que han votado.

Los candidatos elegidos para la Junta Directiva son los siguientes:

- Presidente: José Trigueros
- Vicepresidente nato: José Polimón
- Vocales:
 - o Pilar Crespo
 - o Rosa Arce
 - o José María Goicolea
 - o Fernando Ruiz
 - o Almudena Leal
 - o Jesús Contreras
 - o Vicente Ferrer
 - o Salvador Fernández.

El acto de toma de posesión se celebró el 29 de enero en la sala de juntas del Instituto de la Ingeniería de España y contó con la presencia del recién elegido presidente, José Trigueros; los nuevos miembros de la Junta; presidente y vicepresidente salientes, Vicente Esteban Chaparría y Tomás A. Sancho; así como presidente y vicepresidente del Colegio, Juan A. Santamera y José Polimón.

José Javier Díez Roncero, secretario general de la Asociación, procedió a la lectura del acta y uno a uno los miembros de la Junta aceptaron el cargo y pasaron a firmar la toma de posesión de los nuevos cargos: como presidente José Trigueros; como vicepresidente nato: José Polimón; y como vocales: Pilar Crespo, Rosa Arce, José María Goicolea, Fernando Ruiz, Almudena Leal, Jesús Contreras, Vicente Ferrer y Salvador Fernández.



Vicent Esteban Chapapría tomó la palabra en primer lugar para felicitar a la nueva Junta y desearles lo mejor para estos próximos cuatro años. Además, se puso a su disposición del nuevo equipo de gobierno para colaborar en lo que fuera necesario, ya que tienen un objetivo compartido: seguir trabajando por y para la profesión. Por último, quiso agradecer el apoyo recibido durante estos años.

José Trigueros, por su parte, quiso mostrar su agradecimiento por la confianza que han depositado el 60 % de los asociados que votaron en el proceso electoral, así como al anterior Junta por el trabajo realizado. “La emoción supera a la razón”, aseguró. Comenzó citando una publicación de la ASCE en la que se pone de manifiesto la importancia de la profesión en el futuro: “Con el mandato de la sociedad de crear un mundo sostenible y mejorar la calidad de vida global, los ingenieros civiles sirven de manera competente, colaborativa y ética como maestros: planificadores, diseñadores, constructores y operarios del motor económico y social de la sociedad: el medio ambiente construido; custodios del medio ambiente natural y sus recursos; innovadores e integradores de ideas y tecnología en los sectores público, privado y académico; gestores de los riesgos y las incertidumbres causados por acontecimientos naturales, accidentes y otras amenazas; y líderes en debates y de-

cisiones que conforman la política pública ambiental y de infraestructuras”.

Aseguró que el reto es que la percepción pública de la profesión mejore y que, desde la Asociación, y desde el propio Instituto de Ingeniería, se trabajará para dar valor y seguir contribuyendo como hasta ahora a la sociedad. Asimismo, aprovechó para recordar las líneas principales de su programa, que pasan por un plan de socialización mediante la búsqueda de nuevos canales de comunicación entre asociados, con especial interés en las redes sociales; la participación activa en debates, conferencias, congresos bien dentro de la profesión, bien con otras ramas de la ingeniería, bien de cara a la sociedad; el impulso a un Instituto de la Ingeniería de España más fuerte y coordinado, que resuelva los problemas multidisciplinares de la sociedad actual; el enriquecimiento de la ingeniería con las nuevas titulaciones; la conexión con los ingenieros jóvenes, mediante trabajo colaborativo entre jubilados y jóvenes o el programa de mentoring; velar por los intereses de nuestros asociados en el extranjero; el fomento de la creación de acuerdos y homologaciones en virtud de las competencias propias atribuidas a la Asociación; la búsqueda de nuevas asociaciones dentro de los nuevos mercados emergentes; el fortalecimiento y reconocimiento de la ingeniería española en todos sus campos, así como de la AICCP en las distintas Asociaciones. 📍

Sobre estas líneas_ A la izquierda, Vicent Esteban Chapapría, Juan A. Santamera, José Polimón, José Trigueros, José Javier Díez Roncero y Tomás Sancho

A la derecha, José Trigueros firmando la toma de posesión

Página anterior_ Presidente, vicepresidente, secretario general y nuevos miembros de la Junta Directiva de la Asociación

Fernando Sáenz Ridruejo y Leonardo Fernández Troyano

Ingenieros laureados de la Real Academia de Ingeniería




El pasado 4 de noviembre tuvo lugar el acto de reconocimiento como Ingenieros Laureados de la Real Academia de Ingeniería a Fernando Sáenz Ridruejo y Leonardo Fernández Troyano. Abrió la sesión Elías Fereres, presidente de la RAI, quien explicó que la Academia concede esta distinción a aquellos ingenieros y arquitectos, que hayan realizado una actividad profesional que se puede considerar como referente y modelo capaz de suscitar la vocación técnica en las nuevas generaciones.

Posteriormente, Antonio Colino, secretario general de la RAI, dio lectura del acuerdo adoptado en sesión plenaria de la Academia: *“La Real Academia de Ingeniería, aprobó en la sesión Plenaria del 19 de febrero de 2019, conceder la distinción y reconocimiento como Ingeniero Laureado y por unanimidad al Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, D. Fernando Sáenz Ridruejo, en base a su destacada actividad profesional como ingeniero de Caminos, actividad que ha desarrollado en cuatro campos de forma sucesiva: en estudios y proyectos, en la construcción civil, en la asesoría y en la explotación. D. Fernando Sáenz Ridruejo está también en posesión del Título de Colegiado de Honor, del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. En la misma sesión Plenaria del 19 de febrero de 2019, la Real Academia de Ingeniería, aprobó conce-*

der la distinción y reconocimiento como Ingeniero Laureado y por unanimidad al Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, D. Leonardo Fernández Troyano, en base a su destacada actividad profesional como Ingeniero de Caminos y principalmente por lo que respecta al estudio y construcción de puentes. En 2008, Leonardo Fernández Troyano recibió la medalla John Augustus Roebling de la International Bridge Conference en Pittsburg, concedida por una vida dedicada a los puentes”.

La presentación de ambos laureados fue realizada por Josefina Gómez Mendoza, académica de la RAI. El también académico José Antonio Martín Pereda tuvo un recuerdo para los miembros de la Academia que se han preocupado por el arte y la historia de la ingeniería. Miguel Aguiló fue el encargado de pronunciar la laudatio de Fernando Sáenz Ridruejo, tras la que el ingeniero laureado realizó una conferencia magistral titulada ‘Aportaciones de los ingenieros de Caminos a la difusión del conocimiento’.

Por su parte, Antonio Martínez Cutillas, Dr. Ingeniero de Caminos y profesor de la Universidad Politécnica Madrid, realizó la Laudatio de Leonardo Fernández Troyano, quien, a continuación, ofreció una conferencia magistral titulada ‘El puente, obra de ingenieros’. 

Presentación de los ingenieros laureados por Josefina Gómez Mendoza



Hoy es para la Real Academia de Ingeniería un día grande de celebración de la ingeniería civil. Y lo es porque tenemos el honor de recibir como ingenieros laureados a dos grandes ingenieros de Caminos, canales y puertos que, si me permiten decirlo así, han contribuido a través de su obra y de su pensamiento a hacer de España un país moderno, cohesionado, y en el que los ciudadanos tienen la oportunidad de moverse y de circular, con esa tranquilidad que da el hacerlo gracias a las obras de quienes han “sabido hacer bien las cosas.” Carlos Fernández Casado, el padre de uno de nuestros homenajeados, caracterizaba con esta sencillez la labor del ingeniero, hacer y saber hacer bien las cosas.

No puedo ni debo consumir mucho tiempo porque quienes van a hacer la laudatio de Fernando Sáenz Ridruejo y de Leonardo Fernández Troyano, nada menos que Miguel Aguiló y Antonio Martínez Cutillas, lo harán mucho mejor que yo. Pero sí quiero subrayar varias cosas en nombre de la Academia, de su presidente, en el de los que propusimos ambas candidaturas, José Antonio Martín Pereda aquí presente, algunas circunstancias que singularizan a nuestros laureados.

Tanto Sáenz Ridruejo como Fernández Troyano pertenecen a familias de ingenieros civiles, que culminan la gran trayectoria y la gran tradición española de los dos últimos siglos de ingenieros civiles; que desde luego son técnicos, pero también humanistas en el sentido de plenamente preocupados por la modernización de las infraestructuras del país, sus referentes internacionales, y las necesarias cambios educativos, sociales políticos y culturales. Esa figura del ingeniero, factor de modernización y de progreso y consciente de serlo, está muy presente, como saben, en la mejor literatura del siglo XIX y del siglo XX, empezando por Galdós.

En ese sentido son conscientes de pertenecer a un linaje de ingenieros, que “respiran en el mundo de la ingeniería”, como sagazmente dijo Fernando a propósito de un libro de César Lanza, pero que, al mismo tiempo, se preocupan por el significado de sus obras en el espacio, en el territorio y en el tiempo: así creo yo que deben entenderse los esfuerzos de Ridruejo por rescatar la historia de la ingeniería civil y de los ingenieros, su importancia social y el valor patrimonial de las obras; también la obra y la reflexión de Fernández Troyano a propósito de los puentes, esos “caminos sobre el agua” como sintetizó en el más importantes de sus libros Tierra sobre el agua, algunos de los cuales han sido “momentos estelares” de la construcción, como él ingeniero dice parafraseando a Stefan Zweig.

Ambos comparten también su respeto por la profesión y por los otros buenos ingenieros. Probablemente no hay nadie, al menos que yo conozca, que sepa más de la historia de una profesión, de su significado, de sus instituciones, y de su discurrir, a la par que la historia nacional y mundial, que Fernando Sáenz Ridruejo. Y por eso, Fernando dijo, al ser nombrado ingeniero de honor del Colegio de Caminos, sentirse “dichoso”, pero utilizando las palabras de Goethe: “Dichoso sea el que recuerda con agrado a sus predecesores, que gustosamente habla de sus acciones, y que serenamente se alegra, viéndose al final de tan hermosa fila.” De la misma manera creo que hay pocos técnicos con tanta sensibilidad natural, territorial y paisajística como Leonardo Fernández Troyano, autor de tantos magníficos puentes y conocedor de todos, cuando al hablar de infraestructura y obras públicas sigue teniendo en mente el medio natural, “los caminos”. Recuérdese su maravillosa obra sobre los pasos históricos de la Sierra de Guadarrama.

Dice Fernando con algo de coquetería, que para ser historiador le falta el método, que lo suyo es más curiosear. Pues si no le llega a faltar, qué no habría investigado y escrito. Revienta la aptitud histórica, la del que sabe encontrar, analizar e interpretar pero también disfrutar, con un legajo o un documento, del que sabe interpretarlo con rigor y capacidad crítica. Recuerden ustedes la conferencia que le oímos pronunciar en el Puerto de la Cruz sobre Betancourt, la creación de la escuela de Caminos y las vicisitudes de ingeniero canario en Rusia. Fernando, sabes muy bien historiar, a no ser que prefieras decir “curiosear” por ser un palabra pentavocálica, y por tu afición a los juegos de lenguaje, y de tu afición a la palindromía. Pero reconoce que yo te he brindado con “coquetería” otra penvocálica, una “exhaustiva”, como dices tú.

Como pentavocálica es también arquitecto. Porque la última de las coincidencias que quiero apuntar es que tanto Fernando Sáenz como Leonardo Fernández han escrito sobre la relación, buena o mala, pero siempre compleja, entre ingenieros civiles y arquitectos. Y lo han hecho muy bien. Recordaba Fernando un artículo de The Economist en el que se tachaba a los

arquitectos de ser más glamorous y a los ingenieros de más oscuros y laboriosos. Eran otros tiempos, porque ahora entre los ingenieros también hay algún glamoroso más y entre los arquitectos alguno menos. Pero Fernández Troyano añade de forma admirable, que, sin embargo, ingenieros y arquitectos, se necesitan mutuamente, aunque solo fuere porque en esa relación compleja “cada uno sabe que donde él es más débil, el otro es más fuerte.”

Si la complejidad de esta relación procediera de la eterna confrontación (no sé si algo impostada) entre “lo útil y lo funcional”, por una parte, y “lo bello”, por la otra, podemos estar tranquilos porque los dos habéis conseguido en vuestra vida, la profesional, la personal, la social, aunar “lo útil, lo bello y lo bueno”, reunión que para Alexander von Humboldt era “la más feliz de las coincidencias”.

Enhorabuena a los dos por este nombramiento de ingenieros laureados. Enhorabuena a la Real Academia de la Ingeniería y a todos sus miembros por que este nombramiento se haga hoy realidad. @

Laudatio de Fernando Sáenz Ridruejo por Miguel Aguiló



Es un placer participar en un acto de la Real Academia de Ingeniería, donde siempre me he sentido como en casa. Un placer que se intensifica cuando se trata de distinguir a dos ingenieros, que además considero buenos amigos y a quienes me apresuro a felicitar desde aquí.

Enhorabuena Leonardo, he hablado y escrito mucho sobre tus puentes y uno de ellos ocupa la portada de uno de mis libros que más aprecio. Enhorabuena Fernando, también he hablado y escrito mucho sobre tus libros y uno de ellos lleva un prólogo que escribí con orgullo.

Hoy me corresponde hablar sobre Fernando, pero lo voy a hacer desarrollando un tema compartido por ambos.

En sus *Reflexiones sobre la Historia Universal*, de 1905, el gran historiador alemán Jacob Burckhard dedica el último capítulo a *La grandeza histórica*. Tras estudiar las tres potencias universales de estado, religión y cultura, y las influencias entre ellas, termina con las movimientos universales concentrados en unos pocos individuos, a quienes llamamos *grandes*.

Comienza afirmando que la grandeza es un concepto dudoso y discutible, imposible de abordar con pretensiones científicas o sistemáticas. La verdadera grandeza es un misterio, pero todos nosotros -incluidos los ingenieros- presentimos que es imprescindible, que no podemos permitir que ese concepto nos sea arrebatado.

Seguirá siendo un concepto relativo, que nunca podremos establecer como absoluto. Pero nos fascina poder admirar las imágenes de quienes han actuado en nuestro beneficio. Por eso los rusos cultos admiran a Pedro el Grande, por ejemplo, como un gran hombre, aunque le reputen como una figura aborrecible, porque sin la actuación de aquel rey, no sería concebible la existencia de los rusos cultos de hoy.

No traigo a colación a Pedro el Grande porque Fernando Sáenz Ridruejo me parezca una figura similar, ni porque sea más alto que Pedro, pues me he informado y sus estatura no se acerca ni de lejos a los 2,03 m de aquel. Pero la reflexión del gran historiador desarrolla unas cualidades de la grandeza, cuya riqueza de matices me permite acercarme a ustedes la figura de Fernando, bastante menos conocida que sus obras o sus escritos.

Aunque es lugar común que el tamaño siempre importa, el foco debe centrarse no en lo que se tiene o lo que se hace. Para Burckhard, una personalidad se nos revela ‘grande’ porque actúa ante nosotros como una *fuera mágica* a través de los pueblos y los siglos, remontándose muy por encima de los linderos de la simple tradición. A partir de ello, la grandeza puede describirse, aunque no definirse, con los adjetivos de *única* e *insustituible*.

Pero los grandes hombres no aparecen en la historia como *modelos* que encarnan los ideales morales de la humanidad, sino como *excepciones*. Y los trazos de su grandeza desvelan la esencia del predicado. Su *fuera* y *facilidad* son enormes, tanto en el conocer como en el crear, en el análisis y en la síntesis.

Pueden concentrarse a medida de su deseo en una cosa y pasar a otra con la misma facilidad. Abarcan y penetran con su mirada todas las *relaciones*, en detalle y en conjunto, en cuanto a sus causas y a sus efectos. Descubren en todo momento la

situación real de las cosas, sin dejarse llevar por las apariencias, y saben de antemano cuándo deben *intervenir*, mientras los demás nos enteramos por el periódico.

Llegados a este punto, debemos recordar lo relativo del concepto, para traerlo a la realidad de este lugar y este tiempo: el aquí y ahora de la ingeniería española. Aunque Burckhard considere que, para el mundo solo pueden ser verdaderamente grandes los representantes del espíritu y, entre ellos, los artistas, los poetas y los filósofos, creo que los ingenieros también representan al espíritu. Y al igual que los rusos cultos, sin la actuación de Fernando, los Ingenieros de Caminos de hoy no seríamos como somos para el mundo.

Como historiador y partícipe del espíritu, Fernando se ha ocupado prioritariamente de los grandes ingenieros. Y la lectura de sus escritos es bien clara al respecto: los hay grandes y no tan grandes y, aunque otros historiadores manejen diferentes baremos o cualidades, no será fácil desmontar el imaginario de grandeza que nos ha legado. Ya lo dijo el gran Goethe: *Todo lo que haya ejercido una gran influencia ya no podrá ser juzgado nunca más.*

Fernando conoce bien nuestro mundo y no lo ha aprendido solo en las bibliotecas. Ha trabajado algo en la empresa privada y mucho en la Administración; ha ocupado muchos cargos; ha sido profesor en la Escuela y ha recorrido mucho mundo, pero, por encima de lo que ha hecho o vivido, está su peculiar manera de vivirlo.

Estando de becario en Israel, recorrió los kibutz del desierto del Neguev y volvió haciendo autostop a través de Anatolia. Trabajando en las fallas del Atazar, le dejaron sin electricidad en una galería y cuando encontré a tientas una escala de pates, el agua ya rebasaba sus botas. Haciendo autopistas en Cataluña, aprovechó para cartografiar el trazado del acueducto romano de Tarragona, con su jefe como topógrafo. Lidiando con unos enormes desmontes en Vizcaya, la ETA le puso una bomba en la caseta de sondeos.

En la administración, aprendió que los políticos respetan más a quienes les dicen la verdad que a quienes les siguen la corriente. Nada más llegar desechó una disparatada macro-presa del Canal, sin una cerrada clara, sin estudios geológicos y sin agua.

De su experiencia en el ministerio, Fernando dice que fue un funcionario mediocre, pero buen servidor del estado. No leía las circulares de los subsecretarios porque le estropeaban la sintaxis.

De su experiencia conmigo en la Escuela, dice que era más divertido tratar con alumnos y profesores que estar en el ministerio. Los alumnos no se perdían una clase suya y, ni

yo, ni los demás profesores, tampoco. Siempre había algo fresco, un dato, una nueva mirada, una valoración poco habitual.

Fernando es incapaz de hablar en público sin incluir algo nuevo, recién conocido, desde una anécdota hasta un dato crucial. Seguro que a continuación, nos regalará algún tesoro en su discurso.

Tras su frágil apariencia se esconde una inagotable energía y un carácter de hierro: Fernando siempre ha sabido decir 'no' al poder, lo cual, además de honroso y encomiable, es poco frecuente en nuestra profesión. La fuerza incontestable de su posición intelectual viene apoyada por su escrupulosa e incesante búsqueda de argumentos y detalles, luego insertados en el discurso con enorme vigor.

Quizás la magia de su fuerza surja del conocimiento detallado de la vida y milagros de todos los ingenieros que hasta ahora han sido. Desde 1964, Fernando abrió una ficha a cada uno de los ingenieros de Caminos que le habían precedido y, durante todos estos años, ha ido anotando de forma sistemática cuantas referencias encontraba de cada uno de ellos. Elaborados con gracia y acierto, estos datos afloraban luego en sus numerosos artículos y libros, que constituyen algo así como el 'Gotha' de los ingenieros de Caminos.

Como es lógico, su interés se fue ampliando hasta los ingenieros de hoy: ya no puede tener fichas de todos, pero no se le escapan quienes tienen la osadía de hacer algo que él considere de interés. De hecho, yo empecé a portarme mejor, cuando supe que Fernando me había abierto una ficha, porque uno nunca sabe que va a escribir allí, pero es seguro que aquello perdurará. Pues de hecho, Fernando se ha constituido en una referencia insustituible de nuestra profesión y ha contribuido de manera sustancial a nuestra identidad colectiva.

Para terminar, vuelvo a Burckhard, quien dijo: *si la vida no da motivos para que la grandeza se revele, ésta muere en flor, admirada solo por unos pocos.* Y añadió: *por eso, los grandes hombres han sido siempre raros y lo seguirán siendo, quizás más raros cada vez.*

Agradecemos a la Real Academia de Ingeniería esta distinción, que aleja definitivamente esa eventual rareza. Pues aunque muchos lo sabíamos hace tiempo, es bueno y necesario que todos lo sepan: Fernando Sáenz Ridruejo es un gran ingeniero y nada raro. Puede ostentar ese predicado de grande, porque es único e insustituible, porque su fuerza se hizo notar tiempo atrás, y sigue vigente.

Qué sea por muchos años, Fernando. Que sea por muchos años, Leonardo. 🍷

“Aportación de los Ingenieros de Caminos a la difusión del conocimiento”

Conferencia de Fernando Sáenz Ridruejo



Quiero empezar expresando mi agradecimiento a la Academia por esta honrosa distinción. Según frase de Fowles, para ocupar cargos de responsabilidad son necesarias la capacidad y la experiencia; pero para recibir galardones es más importante tener amigos. Creo que en esta corporación tengo bastantes amigos, tanto de mi rama como de las restantes, y a ellos debo este galardón. Agradezco especialmente a José Antonio Martín Pereda y a Josefina Gómez Mendoza que hayan propuesto mi nombre. Agradezco también a Miguel Aguiló su amable laudatio.

El título de ingeniero Laureado resulta especialmente halagador al contemplar la pequeña nómina de las personas a las que se ha concedido. Quiero acordarme del ingeniero de Montes y gran botánico, ya fallecido, Juan Ruiz de la Torre, de cuya sabiduría no supimos sacar provecho en la dirección general de Obras Hidráulicas. Y por supuesto, de mi compañero y contraparte Pablo Bueno Sainz.

Hay un pasaje evangélico en que Jesús se hospeda en casa de las hermanas Marta y María. Mientras ésta se queda escuchándole, Marta se afana en arreglar la casa y preparar la comida y Jesús la dice que ha escogido la peor parte. El gran ingeniero ferroviario francés Louis Armand definía a los ingenieros como “los hijos de Marta”, los que trabajan oscuramente para que la casa común funcione, mientras los hijos de María, dedicados al arte y a la vida contemplativa, adquieren fama y prestigio. Pero es importante que la sociedad sepa que si la red eléctrica, los trenes y los teléfonos funcionan, si el agua potable llega a los grifos, los aviones vuelan, los barcos navegan y la agricultura progresa es porque, detrás de todo ello, hay unos expertos que solo cuando las cosas vienen mal dadas aparecen en los medios de comunicación.

En esta Academia hay grandes proyectistas, constructores, empresarios y profesores. Algunos de ellos, además, han dedicado importantes esfuerzos a estudiar la historia de la técnica y en dar a conocer a la sociedad lo que la ingeniería aporta a su vivir cotidiano. En la medida de mis posibilidades, también yo he intentado difundir los valores de nuestras técnicas y supongo que este homenaje que me hacéis es un reconocimiento a ese esfuerzo. Quiero referirme ahora a los ingenieros que, en los dos últimos siglos, se han interesado por el mundo de la comunicación y me circunscribiré a los de mi especialidad pues ni mis conocimientos ni el tiempo de que dispongo me permiten un enfoque más amplio.

El título de mi disertación, que por razones de espacio se ha acortado en el programa, es: Aportación de los Ingenieros de Caminos a la difusión del conocimiento, a la empresa editorial y a las artes gráficas en España. Haré una breve referencia a ingenieros y actividades - casi un índice onomástico - para ocuparme después de dos casos importantes y de otro menos conocido.

En 1843 Pedro Miranda fundó el *Boletín Oficial de la dirección general de Caminos, Canales y Puertos*. Hasta su cierre, a finales de 1847, estuvo dirigido por Jerónimo del Campo y Roselló que realizó el trabajo en solitario por haber sido trasladados sus colaboradores a otros servicios. Del Campo (1802-1861) era académico de la Española, había sido director del Observatorio Astronómico y sería nombrado poco después director de la Escuela preparatoria para ingenieros y arquitectos. Miranda (1808-1858) y del Campo fueron miembros fundadores de la Real Academia de Ciencias.

En 1853, algunos profesores de la Escuela, disconformes con la deriva de la política nacional, fundaron la *Revista de Obras Públicas*. Entre ellos estaban Eduardo Saavedra (1829-1912) y Gabriel Rodríguez (1829-1901). La Revista es hoy el periódico más antiguo de España. Eugenio Barrón, Víctor Martí, Manuel Maluquer, Salvador Canals y Juan Antonio Becerril son algunos de los que la han impulsado a lo largo del tiempo. El actual presidente de su consejo de administración es Miguel Aguiló. En ciertas épocas han existido colecciones de libros asociadas a la Revista como la de *Memorias y documentos referentes a la ciencia del ingeniero y al arte de las construcciones*.

Algo posterior a la Revista e íntimamente ligado a ella fue *El Economista*, periódico dedicado a difundir las ideas librecambistas. Se tiró en la misma imprenta y su editor fue el de la Revista, Agustín Monterde. Gabriel Rodríguez y José Echegaray (1832-1916) fueron unos de sus primeros editores y directores. El Economista ha pasado por muchas vicisitudes hasta su refundación en 2006 por el fallecido Alfonso de Salas. Ahora entre sus consejeros solo hay un ingeniero de Caminos, Luis Gálvez Murcia.

Tras la Restauración hubo dos iniciativas de interés de los de esta profesión. *Los Anales de la Construcción y de la Industria*, que se editaron entre 1876 y 1890 fueron obra de Eduardo Saavedra, con apoyo de profesionales de distintas ramas, como los ingenieros de Caminos Pelayo Clairac, José Antonio Rebolledo y Enrique Fernández Villaverde, los de Minas Daniel Cortázar y Lucas Mallada – cuyo famoso *Los Males de la Patria* apareció por entregas en *Anales* - o el arquitecto Enrique Repullés. Por su parte, Pelayo Clairac (1839-1891) emprendió en 1877 la publicación de un ambicioso *Diccionario General de Arquitectura e Ingeniería*, del cual hasta su muerte se habían editado cinco volúmenes que alcanzaban hasta la letra P. Ambas publicaciones han sido reproducidas en CDRom por Cehopu con estudios de Amaya Sáenz e Isabel García, la primera, y de Inmaculada Aguilar, la segunda. Hace pocas fechas, Inmaculada se ha referido conjuntamente a las figuras de Clairac y Saavedra en el marco de una exposición que sobre este último se exhibe en la Escuela de Caminos.

De esos años data la edición económica y arreglada, por Eduardo Echegaray (1839-1903), del *Diccionario general etimológico de la Lengua española*, de Roque Barcia, editado por Faquinetto en 1887. De la misma época son la *Enciclopedia Popular Ilustrada*, de Gregorio Estrada, en la que colaboraron Eusebio Page y González Martí, y la del ingeniero de Minas Federico Gilman, para la que escribió Vicente Rodríguez Intilini. También en los años ochenta, Rebolledo (1833-1895) fue un activo conferenciante en la Escuela de Institutrices de la Asociación para la Enseñanza de la Mujer de la que fue nombrado vicepresidente.

Anteriormente, Pedro Celestino Espinosa (1814-1887) había incluido en su *Manual de construcciones de albañilería* un léxico de la construcción, que fue el motivo de su reedición en 1991 por la Real Academia Española, con un breve prólogo del académico Antonio Colino López.

Melchor de Palau (1842-1910), ingeniero y abogado, profesor de geología y poeta, fue un personaje singular. Desde 1885 y al

menos hasta 1896, fue publicando *Acontecimientos literarios*. Eran unos cuadernos, editados por su cuenta y riesgo, que luego recopiló, año tras año, con las novedades más sobresalientes del panorama literario nacional. Tomó esta iniciativa para divulgar las letras españolas en España y en el extranjero, cuando leyó en una revista canadiense que aquel año 1885, el poeta Gustavo Adolfo Bécquer no había publicado nada (Bécquer llevaba quince años muerto). Palau ingresó en la Real Academia Española en 1908. Lamentablemente no se conserva ninguna colección completa de los *Acontecimientos* ni siquiera en la Biblioteca Nacional.

En la última década del siglo José Echegaray desarrolló una tremenda actividad de divulgación científica, por medio de artículos publicados en *el Imparcial*, en *el Liberal* y en otros periódicos. A raíz de la concesión del premio Nobel, sus compañeros le homenajearon con un volumen de cerca de mil páginas, titulado *Ciencia Popular* en que se recogían muchos de aquellos artículos. Otra nueva recopilación, con el título de *Vulgarización científica*, se hizo por El Hogar Español a finales de 1910.

Una muestra del afán didáctico de aquellos hombres es el caso de Amós Salvador (1845-1922), viva estampa del cacique decimonónico. Al acceder a la presidencia del Círculo de Bellas Artes, en 1897, se creyó obligado a enseñar perspectiva a los artistas en un curso que quedó plasmado en su libro *Sobre la Perspectiva*.

En 1894 los alumnos de la Escuela de Caminos Francisco Granadino Pérez (1865-1932) y Augusto Krahe García (1867-1930) fundaron *Madrid Científico*, revista “de ciencias, ingeniería y electricidad”, que, según las épocas, dirigieron Krahe u otros ingenieros. En 1896 eran director Rafael Palacios y redactor jefe Luis de la Peña, ambos ingenieros de Minas. Más adelante la dirigió Federico Lafuente, el padre de Marcial Lafuente Estefanía. Granadino terminó la carrera en 1897. Krahe, que fue expulsado del centro, se dedicaría después a



Fig. 1_ El Economista 5 febrero 1856

Fig. 2_ Echegaray, Ciencia Popular

Fig. 3_ Madrid Científico, Cabecera

preparar a los aspirantes a ingreso en la Escuela; entre ellos sus hijos Augusto y Luis, que llegarían a presidir el Consejo de Obras Públicas. En 1914 ingresó en la Academia de Ciencias en el puesto de Saavedra y apadrinado por Echegaray. Cuando buscamos a Krahe en internet quien aparece, mucho antes que Augusto, es Javier, el verso suelto de la familia. Madrid Científico se publicó decenalmente hasta su cierre en septiembre de 1936, después de la muerte de Krahe y de Granadino. Si van a Ronda, ciudad natal de Granadino, les recomiendo que no dejen de visitar su espléndido jardín, colgado sobre el Tajo. Tras la muerte de su mujer, lo donaron a los Hermanos de San Juan de Dios.

A principios del siglo XX, un gran promotor de publicaciones técnicas fue el ingeniero militar Eduardo Gallego Ramos, creador de revistas tales como *La energía eléctrica*, de la que fue presidente Echegaray, o *La construcción moderna*, en cuyo comité de redacción de ésta figuraban los ingenieros de Caminos José Eugenio Ribera, Narciso Amigó y Ramón Sainz de los Terreros.

Durante el primer tercio del siglo XX cabe señalar actividades periodísticas de diversos ingenieros. José María Rodríguez Balbuena figura entre los promotores de la *Revista católica de cuestiones sociales*. Marcelino Oreja Elósegui (1894-1934) colaboró con Herrera Oria, director de *El Debate*, y viajó a Estados Unidos para estudiar las novedades técnicas en materia de impresión y reprografía. El poeta y aristócrata Fernando Gallego de Chaves (1889-1974) presidió en los años 20 el periódico monárquico *La Nación* y durante la República fundó con Ramiro de Maeztu *Acción Española*.

En el campo profesional, Vicente Olmo (1900-1984) y Ramón Sánchez- Moreno (1898-1941) fundaron en 1931 la revista *Ferrocarriles y Tranvías*. Tras la muerte de éste, quedó Olmo como único propietario de la publicación hasta su cierre en 1974. Eduardo Torroja (1899-1961) y Enrique García Reyes (1901-



1973) fundaron en 1934 *Hormigón y Acero*. Tras la guerra, exiliado García Reyes en Colombia, la revista reanudó su actividad en 1950. Curiosamente, los actuales editores toman esta fecha como año cero y desconocen su fundación por Torroja. El propio Torroja lanzó en 1944 *Informes de la Construcción*.

José María Aguirre (1897-1988), fiel a su lema “hacerlo bien y hacerlo saber” editó la revista *Obras*, de excelente calidad tipográfica, e impulsó el humorismo desde el *Almanaque* y el premio Paleta Agroman. Otras constructoras y algunas ingenierías han formado después excelentes colecciones de libros. José Antonio García-Diego (1919-1994) creó la *Fundación Juanelo Turriano* que ha editado ya una larga serie de volúmenes. Juan Benet impulsó la editorial *La Gaya Ciencia* y, desde el Colegio profesional, la colección de libros sobre *Ciencia, Humanidades e Ingeniería*. Francisco González de Posada ha creado *Amigos de la Cultura Científica*, que estudia figuras tales como Blas Cabrera, Leonardo Torres Quevedo o Ángel del Campo Cerdán. José Luis Manzanares colaboró en ABC de Sevilla con unos artículos que luego recogió en seis libros, uno por año. (Por cierto, no dejen de leer el espléndido artículo de José Luis en el último número de la ROP).

Actualmente podemos citar a tres ingenieros dedicados a la edición y al periodismo. Juan Antonio Molina Foix, editor, escritor, antólogo y traductor, es uno de los principales especialistas en literatura fantástica; fundador de la mítica editorial *Nostromo*. José Luis Restán ha ocupado cargos directivos en la Cope y en Alfa y Omega y es articulista de ABC. Antonio Papell, además de novelista, es director de la ROP y comentarista político en varias emisoras de radio y televisión.

Los dos editores a que quiero referirme, dos de los más importantes del siglo XX, son Nicolás de Urgoiti Achucarro (1869-1951) y Luis Montiel Balanzat (1884-1976).

Nicolás de Urgoiti empezó dirigiendo La Papelera Española; pero una crisis en las ventas de papel le animó a crear un periódico, *El Sol*, para dar salida a su propia producción. Luego fundó el vespertino *La Voz*, así como la Sociedad de Prensa Gráfica, que agrupaba *La Esfera*, *Mundo Gráfico* y *Nuevo Mundo*. Después creó la editorial *Calpe*, que fusionaría con la catalana Espasa, así como la Casa del Libro, en la Gran Vía madrileña. En el campo técnico creó, en 1923, *Ingeniería y Construcción*, dirigida por Francisco Bustelo (1901-1987), con su propio hijo Ricardo como director técnico, en la que colaboró, entre otros, Fernando del Pino (1892-1978), abuelo de Rafael, numerario de esta Casa. La andadura de Urgoiti desde la industria a la prensa y la política es bien conocida y ha sido analizada por Mercedes Cabrera, entre otros. Personalmente, me ocupé de la figura de Urgoiti en un folleto de 1986 sobre los ingenieros de Caminos de la generación del 98, colocando en la portada una foto facilitada por su nieta, la arabista Soledad Carrasco Urgoiti.

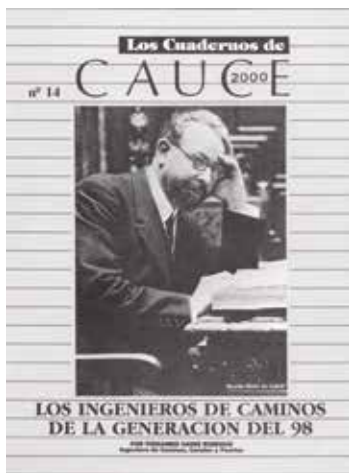


Fig. 4_ MC nº 1298 Noticia muerte de Granadino

Fig. 5_ Nicolás Urgoiti, Ingeniero del 98

Fig. 6_ Luis Montiel Balanzat, archivo familia Montiel

Constreñido entre la espada de las altisonantes proclamas de Ortega y la pared del dividendo de sus accionistas, representados por el ingeniero navarro Serapio Huici, acabó perdiendo el control de esos negocios y al fracasar sus nuevos periódicos *Crisol* y *Luz* cayó en una depresión que le obligó a pasar siete años en un psiquiátrico suizo. En su biografía hay episodios esperpénticos, como su duelo a sable con el director de *El Liberal*, Miguel Moya, con Vicente Machimbarrena como padrino, y alguna historia entrañable como el “pino de la cadena” de Cercedilla, que compró y encadenó en homenaje a su padre y así se mantiene desde hace casi cien años.

Ricardo Urgoiti Somavilla (1900-1979), por su parte, fue un pionero de la radio y el cine en España. En 1924 fundó *Unión Radio*, germen de la Cadena SER. En 1935 fundó con Luis Buñuel la productora cinematográfica *Filmófono*, que trabajó en España y Argentina.

Luis Montiel Balanzat, a pesar de su brillante trayectoria, es mucho menos conocido que Urgoiti. En nuestra Escuela fue el número 1 de la promoción de 1906 y sería más tarde diputado conservador por Morella entre 1918 y 1923. En 1916, compró la editorial de los sucesores de Rivadeneyra. Luego fue adquiriendo diversas empresas de artes gráficas hasta formar un pequeño imperio editorial con la colección de novelas cortas *La Novela Mundial* (1926) y revistas como *La Farsa*, *La Pantalla* y *Estampa*, así como las infantiles *Macaco* y *Macaquete*, y sobre todo la revista de humor *Gutiérrez* (1927), el diario gráfico *Ahora* (1930) y el deportivo *As* (1933).

En *Gutiérrez*, dirigida por Ricardo García López (K-Hito), escribieron Jardiel Poncela, Mihura, Tono, Neville y otros miembros

de la que José López Rubio definió como “La otra generación del 27”. Allí dibujaron, entre otros, Joaquín Xaudaró y Sirio. Se publicó hasta su cierre en 1935 por una huelga de tipógrafos y fue la predecesora directa de la *Codorniz*.

Ahora, dirigido por el propio Montiel, con Manuel Chaves Nogales como subdirector, fue la voz de un republicanismo moderado que alcanzó un enorme éxito y llegó a vender 150.000 ejemplares. En 1936 fue incautado, Montiel se exilió y Chaves lo dirigió en calidad de “camarada director” hasta que en el mes de noviembre escapó al extranjero. Ahora continuó apareciendo durante unos meses como órgano de propaganda bélica.

Después de la guerra Montiel compró la revista *Semana*. A finales de 1967 volvió a sacar a la luz el diario deportivo *As*, bajo la dirección de Luis González Linares, que ya dirigía *Semana*. Veinte años después de la muerte de Montiel, *As* fue vendido al grupo Prisa por sus hijos Luis y Vicente Montiel Rodríguez de la Encina. La reciente popularidad de Chaves Nogales no ha conseguido sacar a Luis Montiel de su anonimato.

Me referiré por último a Francisco Carvajal Cano (1827-1883) un ingeniero admirable que, tras trabajar en Orense y en Albacete, donde proyectó el teatro, fue profesor en la Escuela de Caminos y catedrático de Cálculo diferencial en la Facultad de Ciencias. En 1868 publicó el *Diccionario manual de voces de dudosa ortografía en la lengua castellana: conteniendo las reglas que se infringen más comúnmente y preceptos para hablar con propiedad y escribir con corrección*. Ese mismo año se embarcó en editar *Los conocimientos útiles*, semanario enciclopédico popular: colección de artículos sobre todos los

VIAGE ALREDEDOR DEL MUNDO.—Con los nuevos medios de locomoción, y después de terminado el gran ferrocarril de los Estados-Unidos, se puede dar la vuelta al mundo en solo ochenta días, ó sea en ménos tiempo del que empleaba no hace mucho un gran señor para ir desde Madrid á San Petersburgo. El itinerario á que nos referimos es el siguiente:

De Cádiz á Nueva-York	11 días.
Nueva-York á San Francisco de California, por el nuevo ferrocarril.	7
San Francisco á Yokohama (buque de vapor)	21
Yokohama á Hong-Kong (buque de vapor)	6
Hong-Kong á Calcuta (buque de vapor)	12
Calcuta á Bombay (ferrocarril)	3
Bombay al Cairo (vapor y ferrocarril)	14
El Cairo á Cádiz (vapor)	6
TOTAL	90

Fig. 6_ Francisco Carvajal, 1869. Viaje alrededor del mundo

ramos del saber humano elegidos y compuestos expresamente para difundir la instrucción de todas las clases. Seguía la línea del *Journal des connaissances utiles*, que había existido en Francia entre 1831 y 1848, y de los que con similar intención habían dirigido Mesonero Romanos, Francisco de Paula Mellado y otros.

En los años marcados por la Revolución de Septiembre, el semanario sacó 77 números, con un total de 1260 páginas, que se editaron en tres tomos. Ha sido digitalizado y colgado en la red por la Fundación Juanelo Turriano habiendo recibido desde 2013 más de 238.000 impresiones y 8855 lecturas.

Entre los muchos artículos de interés publicados en el semanario, merece la pena fijarse en la serie en que Melitón Martín, ingeniero segoviano formado en la Gran Bretaña, desgranaba algunos principios económicos elementales, como el del aprovechamiento del tiempo, que puede determinar el éxito o el fracaso de una empresa y en que, a su decir, los ingleses se mostraban más eficaces que los españoles. No parece que los actuales británicos continúen en esa línea; pero tampoco aquí hemos aumentado la productividad. Quien por medio de una página web de difícil acceso consigue cita para dentro de dos meses en cualquier oficina pública se acuerda con envidia de los tiempos en que a Mariano José de Larra le decían: “Vuelva usted mañana”.

Terminaré comentando un suelto titulado “Viaje alrededor del mundo”, que apareció el 24 de julio de 1869. Se decía allí que “después de terminado el gran ferrocarril de los Estados Unidos, se puede dar la vuelta al mundo en solo ochenta días”. Marcaba un itinerario que partiendo del puerto de Cádiz llegaba a Nueva York y seguía a San Francisco, etc., para regresar a Cádiz desde el Cairo (Hay que recordar que el canal de Suez, aunque no inaugurado oficialmente, ya estaba operati-

vo). Ignoro si la idea del viaje fue de Francisco Carvajal, pero un autor anglosajón, francés o alemán no lo habría comenzado en España. Más de tres años después, en octubre de 1872 Julio Verne haría dar a Philleas Fogg una vuelta al mundo que también duraba 80 días, pero no empezaba en Cádiz sino en Londres y, después de pasar por Francia, no se dirigía hacia el oeste sino al oriente.

Aun a riesgo de defraudar a los amigos que siempre esperan de mí alguna broma he procurado hablar con seriedad. Pero compruebo que no he pronunciado ni una sola vez la palabra talismán que debe trufar, venga o no a cuento, toda disertación respetuosa con los valores establecidos y con el medio ambiente y que no es otra que Sostenibilidad. Bueno, pues aunque un poco tarde, queda dicha. @

Laudatio de Leonardo Fernández Troyano por Antonio Martínez Cutillas



Es para mí un gran honor poder dedicar unas breves palabras en la Real Academia de Ingeniería, con motivo del nombramiento como Ingeniero Laureado (Ingeniero Laureatus) de D. Leonardo Fernández Troyano.

La distinción se realiza entre ingenieros o arquitectos con una obra técnica o científica que haya tenido una influencia destacada en su área profesional, condición que Leonardo cumple con creces.

En esta labor de glosar la obra técnica y científica de Leonardo Fernández Troyano no puedo abstraerme de mi situación personal de haber trabajado con él y junto a él en los casi 32 años de mi vida profesional en la Oficina de Proyectos CARLOS FERNÁNDEZ CASADO S.L. que fundó con su padre, Carlos Fernández Casado y Javier Manterola Armisen, en el año 1966.

Apuntes biográficos

Leonardo Fernández Troyano, Nació en Madrid el 9 de Julio de 1938.

Estudió Bachillerato en el Colegio Estudio de Madrid, que, sin ningún género de dudas le ha marcado carácter.

Obtuvo el título de Ingeniero de Caminos Canales y Puertos en la Escuela de Madrid en 1963 y el de Doctor en 1965.

Una vez terminada la carrera, tomó la decisión de dedicarse al campo de los puentes y estructuras y no a las obras hidráulicas que también le apasionaban, decisión claramente afortunada, desde mi punto de vista.

Como he señalado en 1966 funda con su padre y Javier Manterola la Oficina de Proyectos Carlos Fernández Casado S.L, en donde ha ejercido toda su labor profesional hasta la actualidad.

Ha sido Profesor encargado de Curso de Puentes de Fábrica y Profesor Ayudante de Cursos de Doctorado de Puentes de gran Luz y Puentes Atirantados en la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid. Cursos que tuvieron un gran impacto y reconocimiento por el testimonio recabado de muchos de sus alumnos.

Leonardo es un miembro destacado de la generación de Ingenieros más brillante en la Historia reciente de la Ingeniería Estructural en España, junto a Javier Manterola Armisén, Juan José Arenas de Pablo, Julio Martínez Calzón, José Antonio Fernández Ordóñez y Javier Rui-Wamba Martija, entre otros.

Reconocido tanto a nivel nacional como internacional y alguno de ellos miembro y otro laureado también por esta Real Academia.

Generación heredera del legado de Eduardo Torroja y Carlos Fernández Casado.

Generación que sin lugar a dudas “ha creado una auténtica Escuela Española”, en el ámbito de la Ingeniería Estructural, en general, y de los puentes en particular con unas características comunes:

- Un conocimiento profundo del comportamiento estructural y sus materiales
- Un conocimiento y respeto de la historia de la obra construida
- La consideración del proyecto de la obra de ingeniería en un sentido amplio, teniendo en cuenta su vertiente cultural y arquitectónica.
- Una actividad de reflexión sobre la propia obra y su contexto Generación que ha situado a la Ingeniería Estructural Española en la primera línea a nivel internacional.

Leonardo Fernández Troyano toma el testigo de una forma de entender la Ingeniería y de ser ingeniero. Esta forma de ser la resumiría en las siguientes etapas, no necesariamente correlativas ni cronológicamente desarrolladas en el orden propuesto sino que se expresan de forma intercalada en su línea biográfica a modo de círculos concéntricos en un proceso de retroalimentación continua:

- Estudio y conocimiento profundo del fenómeno resistente en su globalidad.
- Estudio y conocimiento profundo de la historia de los puentes y sus procedimientos de construcción.
- Entendimiento de la Obra Pública como inmersa dentro de la actividad “Política” con mayúsculas; los puentes y viaductos dentro de la trama urbana y vías de comunicación, intercambiadores y estaciones de transporte como elementos de un proceso de planificación global.
- Estudio y análisis crítico del desarrollo de las distintas técnicas constructivas.
- Proyecto y construcción de numerosos puentes de diversas tipologías y técnicas constructivas.
- Reflexión y posterior divulgación de su estudio y entendimiento personal.

Todo ello ha fructificado en una interesantísima y muy personal OBRA CONSTRUIDA Y PUBLICADA, de la que voy a dar solamente unos pequeños retazos.

Obra construida

Leonardo, en diferentes etapas, inicialmente en colaboración con Carlos Fernández Casado, de forma inmediata con Javier Manterola y posteriormente de forma independiente, es autor de obras con una gran personalidad. Ha participado de forma activa en la introducción en España de las distintas tecnologías tanto en el proyecto como en la construcción de puentes que se estaban desarrollando principalmente en Alemania, Francia e Italia en la segunda mitad del siglo XX:

- Puentes de hormigón pretensado
- Puentes atirantados
- Construcción de tableros por voladizos sucesivos
- Construcción de tableros por empuje
- Construcción de arcos por abatimiento
- Construcción prefabricada

Es en los puentes atirantados donde mejor podemos vislumbrar la aproximación de Leonardo al Proyecto de los puentes, en un momento del desarrollo de esta tipología en el que existe la oportunidad de aunar el comportamiento estructural del tablero, la torre y el tirante buscando las máximas posibilidades espaciales.

La Pasarela sobre la Plaza de las Glorias Catalanas en Barcelona, constituye la primera aproximación, con una pila vertical central equilibrada por el sistema espacial de tirantes, provocado por el trazado ramificado del tablero debido a las rampas de acceso.

En el Puente sobre el río Ebro, en la Autopista de Navarra, en el que el trazado viario rectilíneo, en una primera aproximación, no parece permitir esa espacialidad querida, lo consigue, tanto con la inclinación de la torre como con la creación de 3 planos de atirantamiento que la equilibran. El sistema estructural se completa con los contrapesos y puntales de cimentación, en una solución original de tablero atirantado sin vano de compensación. La concepción de la geometría de la torre es un ejemplo magistral de conjunción de requisitos funcionales estructurales y formales.

El Puente sobre el río Lérez en Pontevedra, fruto de un Concurso de Proyectos, constituye un paso más. Los cables traseros son girados, creando una superficie en paraboloides hiperbólicos incorporando los contrapesos como un elemento formal presente en las glorietsas de distribución del tráfico urbano.

Esta concepción espacial novedosa ha sido reconocida en varias publicaciones especializadas, como en el libro de René Walther y otros, sobre Puentes Atirantados o el libro de David Bennet La Arquitectura del Diseño de Puentes.

Son significativos también, en el campo de los puentes atirantados, el Puente de Papaloapán en México, en que los fustes de las torres no tienen ningún arriostramiento intermedio, lo que supone un reto al encontrarse el puente situado en una zona de alta sismicidad y vientos huracanados. La intencionalidad de mantener la esbeltez de las torres condujo al diseño novedoso de unas piezas de acero, precursoras del sistema de sillas que se emplean en la actualidad en puentes atirantados y extradados. En el Puente de Grijalva en México el atirantamiento en arpa lo plantea con un diseño espacial de las torres con un gran sentido escultórico.

Nuevas propuestas en esta evolución lo constituye la serie de puentes proyectados y construidos en Andorra.

En los Puentes arco, destacaría la reinterpretación formal y estructural del “puente arco tímpano” como en el caso del Puente sobre el río Guadarrama en Torrelodones, concebido como intersección de un prisma triangular, generatriz de la sección transversal con un cilindro. y su inserción coherente y contundente en el terreno.

Este concepto Leonardo lo aplica a dinteles continuos en puentes pórticos semi-integrales, con apoyos en la base de las pilas, como en el caso del Puente sobre el río Besós en Barcelona o en el Puente de las Artes, sobre el antiguo cauce del Turia en Valencia.

Otras aproximaciones a los arcos los encontramos en el Puente sobre el río Nervión para el metro de Bilbao, construido por abatimiento o el Puente sobre el río San Sebastián en México

No puedo seguir extendiéndome; pero me gustaría mencionar intervenciones especiales en rehabilitaciones y restauraciones como la llevada a cabo en la Estación de Príncipe Pío en Madrid o la rehabilitación del Puente de Piedra en Zaragoza.

Obra publicada

Como he indicado anteriormente, Leonardo Fernández Troyano ha tenido la generosidad de compartir su proceso de reflexión y estudio, en una numerosa Obra Publicada. Por un lado se encuentran las numerosas publicaciones de las distintas obras proyectadas y construidas en forma de ponencias en distintos congresos, artículos y libros colectivos.

Siguiendo la tradición de otros grandes proyectistas de puentes, como Carlos Fernández Casado, David Steinman o Hans Wittfoht escribe TIERRA SOBRE EL AGUA, Visión Histórica Universal de los Puentes, que constituye una obra imprescindible sobre la Historia de los puentes. Desde una primera visión general y cronológica de los mismos, se estudian los puentes por sus materiales y procedimientos de construcción, para finalmente, de forma detallada, desgranar la evolución de los puentes según las distintas tipologías. Con un despliegue fotográfico y esfuerzo de catalogación sin precedentes, el libro constituye hoy en día una referencia imprescindible, tanto a nivel nacional como internacional, de hecho ha sido traducido al inglés y al italiano. Se trata, sin ninguna duda de la visión, de alguien que ama, entiende y construye los puentes.

Parfraseando la declaración de Carlos Fernández Casado: “Que nadie construya puentes en España sin haber pasado por Alcántara”, nadie estudie los puentes sin haber leído este libro... siendo referencia obligada en la Escuela de Ingenieros de Caminos.

El libro CAMINO SOBRE EL RÍO, Historia de los Puentes Españoles, en la misma línea que el anterior, está dedicado a los puentes de España con motivo de una edición de sellos realizada por Correos.

Leonardo ha participado en varias obras colectivas de historia de las obras públicas en distintos ámbitos, puentes de piedra, puentes metálicos y vías de transporte.

En esta última línea temática, ha escrito el libro LOS PASOS HISTÓRICOS DE LA SIERRA DE GUADARRAMA. Motivado por su gran pasión por la montaña y por la geografía. Herencia, sin lugar a dudas, de su padre y su tío Manuel de Terán Álvarez, creador de una Escuela Española de Geografía, también representada en esta Real Academia. Se trata obra muy singular por su transversalidad y rigor.

Merecimiento y agradecimiento

Para terminar, quiero expresar mi enhorabuena a Leonardo por tan importante distinción. Quiero expresar mi agradecimiento a la Real Academia de Ingeniería por destacar y valorar la merecida labor profesional y científica de Leonardo Fernández Troyano y al propio Leonardo por ejercer su profesión en el sentido literal del término, profesándola, estimulando e indicando caminos para las nuevas generaciones de ingenieros en este apasionante “mundo de los puentes”, gracias Leonardo, gracias Leo. 📧

“El puente, obra de ingenieros” Conferencia de Leonardo Fernández Troyano



En primer lugar, quiero agradecer a los académicos de esta Real Academia de Ingeniería, el reconocimiento como ingeniero laureado que me han otorgado, y en especial a Josefina Gómez Mendoza, a Andrés López Pita y a Antonio Martín Pereda que promovieron mi candidatura. A Josefina Gómez Mendoza agradecerle también la brillante presentación que ha hecho de nosotros. Por último agradezco las palabras de Antonio Martínez Cutillas en las que ha expuesto con acierto distintos aspectos de mi trabajo como ingeniero. Muchas gracias a todos.

A lo largo de la lectura voy a proyectar una serie de fotografías que no siempre van en paralelo con el texto. Todas ellas, salvo en las que figura expresamente su autor, son de puentes cuyos proyectos he dirigido.

Introducción

Esta distinción me resulta especialmente satisfactoria porque la recibo cuando se ha terminado mi actividad profesional y ha llegado el momento del relevo.

Una de las pocas ventajas que en mi circunstancia tiene ser mayor es que queda una obra hecha. Será mayor o menor,

mejor o peor, pero ahí está. A mí me parece buena, y por eso la he hecho, pero es evidente que no soy imparcial en su valoración.

Por todo ello me parece que es un momento y un lugar adecuados para mirar atrás y reflexionar sobre la obra realizada. De ella me voy a referir únicamente a los puentes porque han sido el objeto principal de mi actividad profesional, aunque he proyectado otros tipos de estructuras en colaboración con otros profesionales, que me han interesado igualmente.

Mi relación con ellos me viene de mi padre, el ingeniero Carlos Fernández Casado, a quien desde aquí quiero rendir homenaje; gran parte de las ideas que voy a exponer provienen de él. La mayor parte de lo que sé, él me lo enseñó. Una de esas enseñanzas fue que para ser Ingeniero con Mayúscula, además de hacer ingeniería, había que estudiar y pensar sobre su significado, su trascendencia para el hombre, y su relación con la Naturaleza. Creo que puedo decir sin temor a equivocarme, a pesar de que en este juicio tampoco soy imparcial, que mi padre fue un ingeniero con I Mayúscula.

Creo que todos sabemos lo que es un puente porque hemos pasado con frecuencia sobre ellos y hemos visto correr el río bajo sus arcos. Por ello no voy a tratar de definirlos, sino que a través de las ideas de gentes que se han referido a ellos, veamos que son obras de ingeniería con valores simbólicos y expresivos, que se han utilizado en la inmensa mayoría de las culturas habidas a lo largo de la Historia, porque son necesarios.

Empezamos con los últimos versos del poema de PABLO NERUDA dedicado al puente del Arroyo Maldonado en Uruguay, citado con frecuencia: Sino este puente que hace honor al agua / ya que la ondulación de su grandeza / une dos soledades separadas / y no pretende ser sino un camino. FRANZ KAFKA, en uno de sus cuentos cortos, se siente puente: Yo estaba tenso y frío, yo era un puente; reposaba por encima del abismo; reposaba y esperaba. Salvo si se hunde, jamás un puente construido en algún momento, puede dejar de ser puente.

IVO ANDRIC en su novela “Un puente sobre el Drina” se refiere a su construcción: Como si merced al esfuerzo benéfico de alguien se hubiese realizado inesperadamente el más profundo de los deseos, el antiguo sueño de los hombres: andar sobre el agua y dominar la tierra. Más tarde cuando estaban preparando el puente para volarlo, se refiere al carácter inamovible e inmutable que las gentes atribuyen a los puentes: Sin embargo nadie podía adivinar qué querían hacer con el puente, que representaba para los ciudadanos algo eterno e inmutable, como la tierra por la que andaban y el cielo que cubría sus cabezas.

THORNTON WILDER, se refiere también a este carácter inal-



Puente Sancho el Mayor sobre el río Ebro en Navarra. 140 m de luz. 1978
 Puente del Pardo sobre el río Manzanares. 20 m de luz. 1935
 Puente Sancho el Mayor sobre el río Ebro en Castejón

table de los puentes, al escribir sobre el hundimiento del puente de San Luis Rey: El puente parecía estar entre las cosas que duraban para siempre, era impensable que se pudiera romper.

MARTIN HAIDEGGER en su conferencia sobre la técnica “Construir, habitar, pensar” hace una serie de reflexiones sobre el puente; hemos tomado dos párrafos de ella: Liger y potente, el puente se tiende sobre el río. No solo enlaza las dos orillas ya existentes sino que estas adquieren todo su significado cuando el puente atraviesa el río.

Más adelante dice: Se piensa ciertamente que el puente, ante todo, y en su ser propio, es sin más un puente. Y que luego de un modo ocasional, podrá expresar además distintas cosas. Como tal expresión se convierte en símbolo, en ejemplo de todo lo que antes se ha citado. Pero el puente, si es un auténtico puente, no es nunca primero un puente sin más, y luego un símbolo.

ANDREA PALLADIO decía en el siglo XVI que el puente es una parte de la arquitectura que pertenece al ornamento de la ciudad y provincia, y MIGUEL ANGEL, en el mismo siglo, decía que Un puente debería ser pensado y construido igual que una catedral, con la misma atención, y con los mismos materiales.

También son del siglo XVI los “veintiún libros de los ingenios y máquinas”, donde se dice lo siguiente: La puente es una parte y muy principalissima de cualquier ciudad o villa en el hacer de las puentes conviene tener grandísimo miramiento en elegir el lugar donde se ha de hacer la puente.

El puente en la naturaleza

Un tema que me parece básico en la ingeniería y al que me he referido al hablar de mi padre, es la relación del ingeniero con la naturaleza.

El puente es obra de ingeniería, y por ello, como toda actuación del ingeniero, es una transformación de la naturaleza para adaptarla a las necesidades del hombre. Las diferentes inge-

nierías tienen un tronco común que es su actuación en el medio natural, pero sus campos de actuación y sus modos de actuar son diferentes. Cada una de sus ramas actúa sobre una dimensión de ella; nada tiene que ver el campo de la ingeniería química con el de la ingeniería de infraestructuras, generalmente llamada de Obras Públicas. La ingeniería es siempre creativa pero esta creatividad tiene características muy diferentes. La ingeniería química puede crear una sustancia que tenga usos diversos, pero como tal sustancia no se hace físicamente patente y por tanto no tiene valor expresivo. La ingeniería de infraestructuras, en la que se incluye el puente, actúa sobre el territorio; sus obras se insertan en el medio geográfico y pasan a formar parte de él, se hacen geografía: y en nuestra edad geológica – vejez de la tierra – el hombre ha llegado a ser el agente geomórfico por excelencia (CARLOS FERNÁNDEZ CASADO Ingeniería: Maquinismo y Arquitectura, texto leído en la Noche de Gallo. Granada 1928)

El ingeniero, a la hora de proyectar su puente, se queda solo en un lugar del territorio donde debe introducirlo para salvar un río u otro accidente geográfico natural o artificial. Se inicia así el diálogo del ingeniero con ella, parte fundamental de su trabajo. A este diálogo se refería CARLOS FERNÁNDEZ CASADO cuando estaba trabajando en Sierra Nevada, al pie del Mulhacén, proyectando caminos vecinales y saltos de agua en los años 30 del siglo XX: En perfecta comunicación con la naturaleza, pero sin olvidar que estábamos en actitud de ingenieros, es decir, con actitud de dominarla. Pero la belleza y grandiosidad de los paisajes contradecían esta actitud, pues era el ingeniero el que resultaba dominado por ella. Hasta que aprendí prácticamente la frase de Bacon «natura parendo vincitur». Dominamos la naturaleza obedeciéndola. Ajustándose a sus leyes. El ingeniero ha de ser un perpetuo amante de la naturaleza.

Creo que el dominio que el ingeniero debe ejercer sobre la naturaleza es de conocimiento. Decía LEONARDO DA VINCI que el gran amor requiere un conocimiento profundo y esto es lo que debe tener el ingeniero: conocer lo mejor posible

sus leyes para poder introducirse en ella. Estas leyes son los conocimientos técnicos: geología, geotecnia, resistencia de los materiales, teoría de las estructuras, etc.

Con frecuencia se plantea la relación del ingeniero con la Naturaleza como un duelo, lo que me parece equivocado; debe ser lo contrario. Igual que el médico no lucha contra el enfermo sino contra la enfermedad, el ingeniero no lucha contra la naturaleza, sino contra los fenómenos que se producen en ella que, si bien son naturales, son en ocasiones tan dañinos para ella como para las obras artificiales que hemos construido. También muchas enfermedades son naturales.

Nuestras obras se insertan directamente en la naturaleza, y esto puede producir fenómenos de rechazo cuando esta inserción no se hace correctamente, o no hemos sabido interpretar bien sus leyes. Esto puede dar una idea de enfrentamiento, pero, como ya he dicho, pienso que es un planteamiento equivocado; debe ser una relación de armonía entre las partes, aunque no siempre será fácil porque en ocasiones se pueden plantear serios problemas. En los puentes en primer lugar serán los debidos a los ríos sobre los que se sitúan, elementos singulares de la superficie terrestre porque son dinámicos y variables. Su vitalidad puede hacerlos agresivos en las avenidas, pero esta agresividad no es debida al propio río como tal, sino a los fenómenos meteorológicos que las provocan. También es una acción violenta la del viento, que ha derribado muchos puentes colgantes en el siglo XIX, y alguno en el XX. Tiempo y esfuerzo ha costado el conocimiento de los efectos. Otro fenómeno natural violento que puede ser determinante en el dimensionamiento de muchos puentes, e incluso en la organización de su estructura, es el debido a las acciones sísmicas, que pueden ser devastadoras, tanto para las obras de ingeniería como para la propia naturaleza. Este fenómeno también se ha investigado a fondo y se sigue investigando.



Puente sobre el río Besaya. 135 m de luz. Cantabria, 2009

De todas estas acciones el ingeniero debe conocer sus efectos; en definitiva debe *Savoir pour prévoir. Prévoir pour agir* (Saber para prever. Prever para actuar), AUGUSTO COMPTE.

Todo lo expuesto anteriormente nos lleva a que la actitud del ingeniero respecto de la naturaleza debe ser de máximo respeto y por ello debe alterarla lo mínimo imprescindible. Unas ideas de Carlos Fernández Casado incluidas en su artículo: "Teoría del puente" publicado en 1951 ilustran bien este planteamiento: Que se arranque lo menos posible de material de la mina, que la menor cantidad de piedra y arena se desvíen de su proceso evolutivo, que se consuma el mínimo de combustible en el transporte, y se introduzcan las menos ideas nuevas en el paisaje. Todo un manifiesto ecológico.

El ingeniero y el puente

Proyectar un puente y construirlo es normalmente un largo proceso. Sirva como ilustración de él una serie de imágenes del puente sobre el río Lézec en Pontevedra desde la primera idea hasta su terminación. El proceso culmina cuando vemos el puente terminado, uno de los momentos felices de la profesión del ingeniero, al menos de la mía. Unas veces la obra acabada responde en gran parte a lo que esperaba de ella; otras me ha sorprendido gratamente porque el resultado es mejor del esperado; y en otras, desgraciadamente, es peor. Esta contemplación me ha llevado en ocasiones a racionalizar retrospectivamente el proceso del proyecto, que inicialmente había sido en gran parte intuitivo; el análisis a posteriori me ha llevado en algunos casos a explicitar lo que estuvo implícito en su diseño, y en otros ha dado lugar a ideas nuevas que no estaban presentes en el planteamiento inicial, pero que se obtienen de la obra terminada. Todo ello me ha servido para hacer los puentes siguientes.

Para proyectar un puente el ingeniero parte de unos conocimientos que ha obtenido en su aprendizaje profesional y en su



Puente atirantado sobre el río Lézec. Pontevedra. 125 m de luz. 1995

experiencia. Vamos a referirnos a tres aspectos de ellos que consideramos fundamentales.

En primer lugar el conocimiento de los puentes construidos anteriormente. En toda actividad creativa con dimensión expresiva, y por ello cultural, es necesario conocer su historia, entendiendo por ella el estudio de las obras hechas anteriormente a la nuestra. Se puede discutir qué periodos anteriores tienen influencia en nuestra actividad actual, pero indudablemente necesitamos conocer puentes anteriores para hacer nuevos. En esta dialéctica hay criterios diferentes:

JEAN RODOLPHE PERRONET, ingeniero francés, fundador de l'Ecole de Ponts et Chaussées de París, dijo que de los puentes anteriores a los suyos no se puede obtener ningún conocimiento útil.

CARLOS FERNÁNDEZ CASADO, profesor de puentes de la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid dedicó una parte de su actividad profesional al estudio de los puentes históricos. En su estudio del de Alcántara hizo la siguiente prohibición académica: Que nadie construya puentes en España sin haber pasado por Alcántara.

Con él, desde pequeño, he recorrido la geografía de nuestro país viendo puentes de todas las épocas, desde los romanos hasta los de nuestros días. De mi experiencia personal puedo decir que incluso de los puentes de piedra he aprendido formas para proyectar pilas y tajamares, y a encajar los puentes sobre los ríos. Más he aprendido de los grandes ingenieros del siglo XIX; las pilas de los grandes viaductos metálicos de ferrocarril del Macizo Central Francés son unas de las mejores enseñanzas para aprender a hacer pilas de gran altura. Y de los que más he aprendido es de los ingenieros del siglo XX, especialmente de los alemanes, y también de los franceses y de los italianos.

Un segundo aspecto que me parece fundamental, es el conocimiento del comportamiento resistente de las estructuras y

del terreno en que se apoyan, que nos permite dimensionar los distintos elementos que forman el puente, para que su seguridad sea la que requiere la sociedad.

Este conocimiento fue fundamental en el espectacular desarrollo que se produjo en los puentes durante el siglo XIX. Producen admiración por su envergadura, teniendo en cuenta los conocimientos teóricos y los medios de construcción que se tenían en ese momento.

Pero las dificultades técnicas que se planteaban en su proyecto y construcción fue la causa de que muchos ingenieros de los siglos XIX y XX dedicaran su mayor atención a los problemas del cálculo, olvidando con frecuencia el proceso que lleva a un buen resultado, que si bien es inseparable del problema resistente, va más allá de él. Hay que dominar el cálculo para que el cálculo no nos domine a nosotros, decía CARLOS FERNÁNDEZ CASADO, que escribió varios libros sobre cálculo de estructuras.

El ordenador ha cambiado radicalmente la capacidad del ingeniero para calcular estructuras y esta capacidad ha llevado a considerar secundaria esta actividad. Pero antes sin ordenador, y ahora con él, el cálculo sigue siendo una etapa fundamental en el proyecto de un puente: significa el paso del mundo de las imágenes o de las ideas al mundo de la realidad física; creo que este proceso que nos lleva de un mundo a otro, es una de las cualidades más atractivas de la ingeniería de estructuras. Enfrentar la idea con la realidad lleva en ocasiones a fracasos totales o parciales; en algún caso nos ha llevado a tener que desechar una idea inicial, y en más ocasiones a modificarla en mayor o menor medida.

Con frecuencia se dice que el cálculo es una mera comprobación del dimensionamiento que hace el ingeniero a priori, pero, como hemos dicho, hay casos en que puede obligar a modificar la idea inicial; además en cualquier dimensionamiento hay un conocimiento basado en el cálculo de estructuras anteriores, hechas o no por el ingeniero que está proyectando la actual.



Puente sobre el río Besós. Barcelona. 68 m de luz. 1989
 Puente de Castejón sobre el río Ebro. 100 m de luz. Navarra 1972
 Puente sobre el río Caudal en Mieres. 80 m de luz. Asturias (1992)



Viaducto sobre el río Eume. 92 m de luz. Pontevedra. (1998)

En el desarrollo del proyecto siempre se producen variaciones por las condiciones técnicas a cumplir en él, que pueden influir en mayor o menor grado en la expresión final del puente. Las torres de las pasarelas colgantes de la M-40 y de la R-3 en Madrid, se remataron con unos discos de más de 2 m de diámetro para alojar las sillas de los cables principales, y han resultado parte importante de su expresión final.

Y un tercer aspecto fundamental es el de los procedimientos de construcción. En el proyecto de un puente el problema fundamental es saber cómo va a ser, es decir, el tipo de estructura, los materiales a utilizar, las luces, su comportamiento resistente, etc. Pero además de saber cómo va a ser, es fundamental saber cómo se va a hacer, es decir, el procedimiento a seguir para llevar a buen fin su construcción. Este saber cómo se va a hacer adquiere cada vez más importancia a medida que crecen las dimensiones del puente, llegando a ser decisivo en los de gran luz. Ambos problemas, el saber cómo va a ser y el saber cómo se va a hacer no son disociables sino que en el proyecto habrá que tenerlos en cuenta a la vez. La importancia del proceso de construcción está tan presente en los ingenieros, que muchos puentes se denominan por este procedimiento: puentes prefabricados, puentes de voladizos sucesivos, puentes empujados, etc.

Quiero destacar que si bien mis palabras reflejan una visión personal y por tanto egocéntrica del puente, su realización no es una tarea individual sino que en todo el proceso desde el planteamiento inicial hasta su finalización, intervienen muchas personas que contribuyen a que se haga realidad, y en el resultado final están reflejados todos ellos, desde los que planearon la vía de comunicación hasta los que lo construyeron con sus propias manos.

Mi trayectoria profesional y su época

Los más de cincuenta años los que me he dedicado a proyectar y construir puentes, desde los años 60 del siglo XX hasta



Puente arco de Bolueta sobre el río Nervión. Bilbao. 63 m de luz. 2003

los 10 del siglo XXI, se inscriben en una época de su historia, que, como en toda actividad humana, determina en gran medida el quehacer en ella porque no en todas las épocas se dan posibilidades análogas. Hasta finales del siglo XVIII los ingenieros solo podían hacer puentes de piedra o de madera. En el siglo XIX, el gran siglo de los puentes, porque es cuando su desarrollo fue espectacular, debido fundamentalmente a la aparición del hierro y del acero como materiales de construcción. En el siglo XX se desarrollaron primero los de hormigón armado y luego los de hormigón pretensado.

En los años 60, cuando empecé a trabajar, en Europa estaban en pleno desarrollo las técnicas que aparecieron después de la Segunda Guerra Mundial. Es la Edad de Oro de los puentes alemanes debida en gran parte a la titánica labor de reconstrucción de los destruidos por la Guerra.

Este desarrollo llegó a España con retraso respecto de los países mencionados. En los años 60 se estaba iniciando en nuestro país el hormigón pretensado, los puentes de acero y los de estructura mixta. Es necesario destacar que en esos años se produjo en España un potente desarrollo de las carreteras, lo que demandó la construcción de gran cantidad de puentes de diverso tamaño; y este desarrollo, con altibajos, se ha mantenido durante los años de mi actividad profesional. Por todo ello puedo decir que he tenido suerte con el periodo en el que me ha tocado proyectar y construir puentes, un periodo en que las técnicas han pasado de un tiempo de desarrollo inicial, a otro de claro dominio de esas técnicas. Esto ha llevado a los ingenieros a una actitud diferente a la que han tenido durante el desarrollo del puente moderno en el que siempre había técnicas en evolución, y ha llevado, entre otras cosas, a recuperar algunos tipos prácticamente abandonados; ejemplo de ello son las vigas trianguladas.

Este dominio de las técnicas me ha permitido a lo largo de mi actividad, proyectar puentes de todos los tipos posibles



Puentes pórtico de la Fiera de l'Ubo cerca de Barcelona. 80 M de luz. 1994



que existen en el momento actual, extrapolando la palabra material a la colaboración resistente del hormigón y el acero metálicos, de hormigón armado, de hormigón pretensado y de estructura mixta. Y también de todos los tipos posibles que existen actualmente:

Puentes colgantes.

Puentes viga.

Puentes arco.

Puentes pórtico.

Puentes móviles.

Todos los materiales y tipos me han interesado, pero entre ellos quiero destacar el puente atirantado, el puente por excelencia del siglo XX. Los tipos de puentes modernos se desarrollaron en el siglo XIX, excepto los atirantado que, a diferencia de los demás, se iniciaron a mediados del siglo XX. Hubo algunos precedente, pero su desarrollo se inició con el puente de Stromsund construido en 1955; a partir de él se generalizó como un nuevo tipo de puente en paralelo con los demás. A esta singularidad de su origen hemos de sumar la atracción que produce el cable, porque es el elemento resistente más eficaz que ha inventado el hombre; prueba de ello es que los puentes de mayor luz están sustentados por cables; son los colgantes y los atirantados. Cuando empecé a trabajar estaban en su periodo inicial, y en cuanto tuve ocasión proyecté una pasarela atirantada en Barcelona terminada en 1974. Después de esta pasarela he construido los puentes atirantados que he podido. No he llegado a grandes luces porque no he tenido ocasión, pero creo que forman un conjunto con diferentes expresiones.

Y para terminar voy a referirme a las personas, que además de mi padre, Carlos Fernández Casado, han tenido mayor influencia en mi trayectoria profesional.

En primer lugar debo citar a Javier Manterola Armisén, porque en una primera etapa.

Mucha gente ha colaborado para que los puentes expuestos se hayan hecho realidad. De todos ellos citaré a tres que han trabajado conmigo durante muchos años: José Cuervo Fernández, Lucía Fernández Muñoz, hija mía, y Guillermo Ayuso Calle @

listos para la revolución de los recursos



En 2050, en el mundo vivirán 9.000 millones de personas, la mayoría en grandes ciudades. Este crecimiento de la población plantea dos grandes retos: el acceso al agua y la gestión eficiente de los residuos. Por eso en SUEZ innovamos para crear soluciones hídricas alternativas y transformar los residuos en nuevas fuentes de energía. Nuestro objetivo: garantizar a las generaciones futuras el acceso a los recursos naturales.

www.suez.es

Pablo Bueno Sainz

Miembro de honor del Instituto de Ingeniería de España

El pasado 18 de noviembre el Instituto de la Ingeniería de España reconoció a Pablo Bueno Sainz la distinción honorífica Miembro de Honor por sus relevantes méritos en pro de la Ingeniería, una brillante carrera como ingeniero y su inestimable colaboración con el IIE, todo ello le consagran como uno de los ingenieros de Caminos, canales y puertos más importantes e influyentes de nuestro país, reconocido tanto a nivel nacional como internacional.

Abrió la jornada nuestro Presidente, D. Carlos del Álamo Jiménez, quien transmitió su enhorabuena al galardonado y explicó que este reconocimiento se entrega exclusivamente al reconocimiento de aquellos ingenieros cuya dedicación a la Ingeniería y al Instituto son encomiables. El condecorado representa el espíritu que anima al IIE a prestar un servicio a la sociedad, como ellos lo han realizado durante muchos años, con profesionalidad, dedicación, entereza y cariño mediante el trabajo duro y el sacrificio. Esta medalla simboliza todo el trabajo realizado con ese esfuerzo y mérito, que permiten a la Ingeniería Española estar en la vanguardia mundial. En los más de 100 años de historia del Instituto sólo 58 ingenieros han conseguido formar parte del más selecto y distinguido grupo de la ingeniería española, siendo D. Pablo Bueno Sainz el 59º, el 13º perteneciente a la rama de Caminos.

Tras las palabras del presidente intervino el profesor catedrático D. Ramón Tamames, quien realizó la laudatio del homenajeado y defendió su mérito. Tras unas emotivas palabras donde recordó la andadura de D. Pablo Bueno como ingeniero, su llegada a Tyspa y algunas de las grandes acciones que le sirvieron para ser reconocido como uno de los ingenieros más brillantes de su generación, D. Pablo Bueno subió al estrado y recibió el diploma y la medalla que le acreditó como uno de los Miembros de Honor del Instituto de la Ingeniería de España.

Tras la entrega de la medalla y diploma de Miembro de Honor el premiado y el presidente del IIE acudieron a la Sala de Juntas donde D. Pablo Bueno firmó el libro de Miembro de Honor y juntos colgaron el retrato de D. Pablo para que quede inmortalizado en la posteridad junto al retrato de los otros 58 miembros honoríficos del Instituto de la Ingeniería de España.



Pablo Bueno Sainz es Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Madrid y graduado del Programa de Alta Dirección de Empresas (PADE) por el IESE. Es el creador y fundador de TYPESA, una de las consultoras españolas líderes en ingeniería civil, arquitectura y medio ambiente con mayor presencia y proyección Internacional.

Desde 1995 se encuentra dentro de los 500 empresarios europeos más dinámicos según la "European Foundation of Entrepreneurs Research" en Schiphol, Holanda, y en el 2001 fue galardonado con el "Premio Emprendedor" en la categoría de Internacionalización de la Empresa Española por Ernst & Young, Citigroup y el IESE.

Ha sido miembro del Comité de Relaciones con Clientes de la Federación Internacional de Ingenieros Consultores (FIDIC), Miembro de la Junta Directiva y Vicepresidente de la Federación Europea de Asociaciones de Ingenieros Consultores (EFCA), Presidente de la Asociación Española de Empresas de Ingeniería (TECNIBERIA) y Socio Fundador del Foro para la Ingeniería de Excelencia (FIDEX), desempeñando una importante labor en la promoción y defensa del papel del Ingeniero Consultor en los proyectos de desarrollo de infraestructuras en España y a nivel internacional. Además, está en posesión de la Medalla de Honor del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. ☎

PALABRAS DE CARLOS DEL ÁLAMO, PRESIDENTE DEL IIE

La Asamblea General del IIE a propuesta de la Junta Directiva y ésta, a su vez, a propuesta de la Asociación de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, acordó conceder la distinción de Miembro de Honor del IIE a D. Pablo Bueno Sainz.

El nombramiento de Miembro de Honor del IIE de un ingeniero, es siempre, para todos nosotros, una satisfacción y un momento especial para reconocer los méritos y el esfuerzo del distinguido, que nos da ejemplo del servicio que ha prestado desde la ingeniería a la sociedad.

Pablo Bueno Sainz, cumple con exceso los requisitos estatutarios que le hacen merecedor de este reconocimiento por su vida profesional y también por sus cualidades personales. Pablo Bueno es un ingeniero de categoría.

Desde la fundación del IIE en 1905, ilustres ingenieros han sido también reconocidos con este nombramiento y la Rama de Caminos, Canales y Puertos ha tenido siempre una alta representación y protagonismo en su actividad, a la que hoy sumamos el nombre de Pablo Bueno Sainz.

Pablo Bueno Sainz, ha sido un actor principal de la Ingeniería española en sus sesenta años de actividad profesional. Es Miembro Protector del IIE, pertenece a nuestro Alto Consejo Consultivo, a través del cual se debaten y analizan los asuntos de mayor interés para los ingenieros y la Ingeniería española y su participación en el IIE ha sido constante desde hace años.

Como señala Ortega, la existencia significa buscar el propio bienestar; el hombre no se conforma con estar en el mundo, sino que precisa estar bien en él. Con lo que “hombre, técnica y bienestar son, en última instancia, sinónimos”. Pablo Bueno ha hecho posible que la técnica genere bienestar, allí donde ha desarrollado su actividad.

Brevemente y en un acto como éste, quiero exponer tres cuestiones que considero claves para el futuro de la ingeniería española:

La primera, es la necesidad de revisar la estructura actual de la formación de los ingenieros. Entre otras cuestiones hay que definir la estructura generalista o especializada de la carrera, los itinerarios correspondientes para alcanzar el nivel de master, la participación en la docencia de los profesionales y un sistema de acreditación profesional que nos homologue con los ingenieros de los países más avanzados.

La segunda, es que nuestra sociedad necesita cultura de ingeniería, porque si bien es cierto que la utiliza de forma continua y cotidiana, muy pocas veces la gente conoce los fundamentos

de los mecanismos, artefactos o procesos que hacen posible la mejora de su calidad de vida.

El conocimiento de la ingeniería es cultura y por nuestra parte, tenemos que hacer también un esfuerzo por divulgar qué hacemos y si es posible, incluso, cómo lo hacemos, para que la sociedad valore las virtudes de la ingeniería de la que es usuaria.

La tercera, es obtener el reconocimiento público del carácter intelectual de los servicios profesionales de ingeniería.

Como explica Valencia, los humanistas y algunos científicos, han sido considerados siempre como intelectuales. Los ingenieros, no. Los ingenieros están colonizados culturalmente por los reduccionismos del racionalismo positivista, que estuvo a su vez precedido por el racionalismo cartesiano que daba prioridad científica a la matemática. No es ajeno a esta cuestión que uno de los creadores del positivismo Augusto Comte, estudiara en la *École polytechnique*, la gran escuela de ingenieros francesa fundada en 1794 bajo el nombre de Escuela Central de Obras Públicas.

Sin embargo, los ingenieros poseen los conocimientos, no sólo matemáticos, sino de las ciencias naturales y de la economía para desarrollar una actividad intelectual para el diseño y proyección de lo artificial, que es el objeto de la técnica y por tanto ¿cómo no puede entenderse a un ingeniero como intelectual si su misión principal es pensar y utilizar el ingenio?

Otra cosa es que el lenguaje y el hábito mental sea diferente, entre unos y otros intelectuales y como señala Mitchan, “en el fondo subsiste el problema de la identidad de la ingeniería, una profesión que a diferencia de la medicina —que se orienta a la salud— o el derecho —cuyo fin es la justicia—, no estaba claro que poseyera algún ideal intrínseco, sustantivo”.

Quizás por eso nadie saca a subasta el cuidado de su salud o su defensa en los tribunales.

Citando de nuevo a Valencia, explica que: “la profesión de ingeniero es un mero medio, sin ningún otro ideal intrínseco que no sea la eficiencia y supone así una subordinación a las estructuras sociales externas. En buena parte esto continúa siendo así. En la universidad la cultura y el discurso de la ciencia han impuesto su propio rigor a las disciplinas académicas de la ingeniería y cuando ésta lo adopta, tal autoridad es casi absoluta. Fuera de la universidad los ingenieros se creen inmunes a la influencia de las teorías filosóficas, pero la ingeniería permanece cautiva, en gran medida, a esta clase de ideas desarrolladas dentro del positivismo, debido al aplastante dominio ejercido por éste en el desarrollo del pensamiento científico durante el siglo XX. La ironía de esta situación es que la mayoría de los ingenieros probablemente nunca han oído hablar

del positivismo lógico.” Como lo anotó Keynes, en 1936, en un contexto paralelo: “Los hombres prácticos, que se creen exentos de cualquier influencia intelectual, generalmente son esclavos de algún economista difunto”.

Esta consideración la expongo para resaltar el valor de la obra de Pablo Bueno, que ha defendido y aplicado el concepto de servicio intelectual a los trabajos de consultoría y que se ha materializado, sobre la base de la Ingeniería, en una idea de la solución a los problemas, que trasciende al proyecto y entra en el terreno de lo que podemos definir como “metafísica de la Ingeniería”.

La sociedad ha identificado tradicionalmente al ingeniero con el proyecto. El proyecto es el fruto de la imaginación, que es la habilidad para crear lo que todavía no existe. Lo artificial que ayuda a vivir mejor.

Si lo propio del ingeniero es el proyecto, hoy, comprender la complejidad de las soluciones en la nueva sociedad de la sostenibilidad, es un requisito imprescindible. Cómo del proyecto que realizaba un ingeniero hay que pasar a la solución integral del problema planteado, contemplando factores y variables ambientales, sociales o culturales que precisan de varias disciplinas del conocimiento para la integración del proyecto en su espacio físico y social y lograr el bienestar orteguiano. La ingeniería entra así de lleno en contacto, no sólo con las ciencias naturales, sino también con las sociales.

Y es la empresa la que hace posible resolver esa complejidad y el ingeniero empresario, lidera y desarrolla este concepto empresarial en su actividad. La empresa, triunfa como institución, porque en palabras de Joel Mokyr sirve para que “el conocimiento fluya desde aquellos que saben cosas, hacia los que las hacen”, como recoge también el viejo lema de la Escuela de Ingenieros de Montes: “Saber es Hacer”.

Y empresa es lo que ha creado Pablo Bueno con esa visión holística que le ha caracterizado, atento a las novedades tecnológicas, a los cambios culturales, a las necesidades sociales, como humanista y mecenas, consecuencia de su inquietud, inteligencia, osadía y esfuerzo. Una empresa de servicios intelectuales de ingeniería, con el valor añadido de atender al interés general.

El progreso de la técnica nos da más libertad y la ingeniería ayuda a su desarrollo y utilización. Se habla con frecuencia de los riesgos de la tecnología, pero se corren muchos más sin ella. La tecnología hace posible que cualquier ser humano desarrolle sus cualidades, sus valores y sus virtudes, que se pueda comunicar con los demás y que disponga de más tiempo para él y para su entorno familiar y social. También le da la libertad de elegir cómo las utiliza.

No quiero terminar sin hacer una manifestación personal. He tenido la suerte y el honor de ser colaborador y haber trabajado a las órdenes de Pablo Bueno, durante dieciséis años, una de las etapas más satisfactorias de mi vida profesional y poder disfrutar a su lado de sus cualidades humanas y gozar de su amistad. Gracias Pablo y enhorabuena. 📍

RAMÓN TAMAMES: LAUDIATIO DE PABLO BUENO SAINZ

Buenas tardes, queridos amigos todos, reunidos en la Casa de los Ingenieros de España, para con la solemnidad precisa y la naturalidad necesaria, proceder a valorar, por qué Don Pablo Bueno Sainz merece ser graduado con el título de Miembro de Honor del Instituto de Ingeniería, que preside actualmente Don Carlos del Álamo, quien me encomendó la preparación de esta Laudatio que seguidamente voy a exponer. Solicitud que asumí como un gran honor, conociendo a Pablo Bueno desde hace muchos años, cuando los jóvenes de tiempos soñábamos con un país libre, una sociedad culta, y un desarrollo de mejor vida para todos.

Nos ocupamos, pues, hic et nunc de los esfuerzos de Pablo Bueno en el amplio espacio de la Ingeniería, que crea riqueza y que, al tiempo, mejora la calidad de vida de la ciudadanía. A ese respecto, será conveniente recordar en qué consiste ser ingeniero, que en su expresión más clásica y vibrante significa engendrar ideas nuevas para resolver problemas viejos y actuales. Una acción destinada a cambiar el estado del arte, esto es, la forma de proceder con nuevas ideas y nuevos instrumentos y máquinas para transformar el mundo. En ese sentido, engineer, el nombre en inglés de los agentes de la revolución industrial, era quien operaba las máquinas de vapor, ingenieros por James Watt. Cuando se supo completar las fuerzas de la naturaleza —el sol, el viento, y las caídas de agua, con el impulso del carbón y después el petróleo y el gas—. Combustibles de origen fósil que hoy están en proceso de reconducirse, ante los peligros que se ciernen sobre la sociedad humana por el calentamiento global y el cambio climático; y de ahí el resurgimiento de viejas energías renovables.

Además del ingeniero en su génesis de ingenios, debemos considerar la expresión deus ex machina, «el dios que mueve la máquina», al verse ésta animada por el entusiasmo (un helenismo, entheos, como si lleváramos un dios dentro). Expresión que se originó en los escenarios de los teatros de Grecia y Roma, cuando un medio mecánico activado por fuerza humana introducía desde fuera al actor, que se suponía era una deidad (deus), para imprimir con sus poderes un giro al drama. El deus ex machina venía a ser, por tanto, la fuerza ineluctable que actuaba para incidir en la trama y producir los debidos desenlaces.

La ingeniería surgió con la propia civilización, tras abandonar el hombre el nomadismo, y organizarse con nuevas estructu-



ras económicas y sociales. Tal como tenemos constancia que empezó a suceder hace 5.000 años antes de Cristo, en Mesopotamia, cuando los humanos cambiaron su vida errante, con la que hoy llamamos Revolución Neolítica; que hizo posible el desarrollo de la agricultura, la ganadería, y el comercio, con la aparición de los primeros asentamientos poblacionales, precedentes de las ciudades.

La ingeniería, ya con una dimensión de grandeza, se manifestó en obras monumentales, relacionadas con las ansias de un espíritu de trascendencia, de prolongar la vida al más allá. De ese modo, surgieron las pirámides de Egipto, desde 3000 a. C.: construcciones formidables para la eternidad de los faraones. Como de otra manera se erigieron monumentos espectaculares a los dioses; por ejemplo, de la sabiduría en el caso del Partenón, con el Panteón de Roma para la diversidad de religiones; o construcciones de puro hedonismo, como las termas de Caracalla. Y para fortalecer la defensa, frente a peligros exteriores de los bárbaros, se construyeron la muralla de Adriano en el Imperio Romano y la Gran Muralla de China en oriente.

En el sentido de atender necesidades comerciales concretas, surgieron grandes infraestructuras en Hispania, nuestra tierra de origen: los puentes de Alcántara y de Córdoba, los acueductos de Segovia y Bará, la presa de Proserpina, el teatro de Mérida, las grandes villas de los patricios con sus mosaicos irrepitibles... Son las célebres obras de romanos, de atrevida ingeniería para su tiempo, y muchas de las cuales se mantienen hoy en uso.

Ya después, en la era contemporánea, en los tiempos iniciáticos de la Revolución Industrial, en paralelo al Siglo de las Luces, el XVIII, surgió el término ingeniería relacionado con las

nuevas escuelas de la Ilustración, como la parisina École Nationale des Ponts et Chaussées, que continua al día de hoy en su acción pedagógica. Y en cuanto al primer ingeniero civil autoproclamado, hemos de recordar a John Smeaton, que en 1771, con varios colegas formó la Smeatonian Society of Civil Engineers. De la que derivan las actuales sociedades profesionales, hasta la misma TYPESA a la que luego nos referimos.

En España la necesidad de atender con nuevas infraestructuras una población creciente y más urbana, comportó la creación del Cuerpo de Ingenieros, reinando Carlos IV. Con su centro de aprendizaje en la Escuela Oficial de Caminos, promovida por Agustín de Betancourt en 1802, ingeniero civil y militar, gran ilustrado que trabajó para España y también, por un tiempo, para el vasto Imperio ruso. Aquella Escuela tuvo su primera sede en el Palacio del Buen Retiro, y fue destruida el 2 de mayo de 1808 por los intrusos napoleónicos. Para renacer efímeramente en 1814, pero vuelta a cerrarse enseguida por el retorno al absolutismo de Fernando VII: por el “vivan las caenas” y la consigna de “lejos de nosotros la funesta manía de pensar”. Reanudó la Escuela su actividad en 1820, pero con nueva interrupción al desmantelarse el Trienio Constitucional con la irrupción peninsular de los “Cien mil hijos de San Luis”.

Por fin, en 1834 muerto Fernando VII y finalizado su despotismo autoritario, la Escuela reabrió sus puertas, ahora en el edificio de la Aduana Vieja, en la madrileña Plazuela de La Leña. Mejorando su Plan de Estudios Don Juan Subercase, gran maestro, pero a quien siempre se le criticó por su influencia en la elección del ancho ibérico para el ferrocarril, frente al europeo, con un fuerte efecto de aislamiento de toda la Península de la Europa transpirenaica.

En cualquier caso, a mediados del siglo XIX, ya cabía apreciar un alto nivel técnico en las Españas —como había sucedido antes en México y Perú, con ingenieros peninsulares y autóctonos en la era virreinal—, en una serie de obras importantes: las primeras líneas de ferrocarril Barcelona/Mataró y Madrid/Aranjuez, entre 1848 y 1851; o el Canal de Isabel II en 1858, cuando los antiguos viajes de origen árabe de la villa del oso y el madroño se sustituyeron por el canalillo, que transportaba a Madrid el agua cristalina del Valle del Lozoya: todo un empeño hidrológico poco común.

Lo que seguidamente voy a decir de Pablo Bueno, dicho en latín, surge ex abundantia cordis. Con sentido admirativo por el ingeniero insito en la persona, con su desbordante sentido de la fraternidad que le une a colaboradores y colegas, desde la sencillez personal de quien siempre habla claro, y también escucha con atención.

Eso lo tengo comprobado desde hace muchos años, en tiempos de colaboración de algunos emprendimientos de TYPSA, en los que cooperó mi despacho de entonces, Iberplan; en estudios concretos para desarrollos portuarios en Uruguay, o la nueva configuración de la Plaza del Descubrimiento, en Colón, tras retirarse de allí, en medio de gran polémica, la vieja Casa de la Moneda.

En esas y otras ocasiones, y también con mi colaboración con los cursos de conferencias —entre la filosofía y la vida real— de TYPSA, tuve ocasión de apreciar los trabajos de Pablo Bueno, reforzándose mi admiración por su labor a partir de ser nombrado yo Ingeniero de Montes y también Agrónomo, a título honorífico por la Universidad Politécnica de Madrid. Así las cosas, creo que puedo decirle a Pablo aquello de “compañero del alma, compañero, tenemos que hablar de muchas cosas”, como un día dijo el poeta Miguel Hernández.

Por lo demás, estamos ante toda una estirpe de ingenieros. Y no en vano, el nuevo Miembro de Honor del Instituto ha expresado gratitud a su padre, también ingeniero de caminos, egresado de la promoción de 1914, un año terrible en que los amables tiempos de la belle époque se rompieron para siempre con el estallido de la Primera Guerra Mundial. Con todos los sinsabores de esa inmensa tragedia, aquel año terminaron en España su carrera apenas 20 graduados para hacer caminos y todo lo demás, consolidándose la tradición familiar ingenieril de la familia Bueno, ya por tres generaciones.

Pablo estudió la carrera en la vieja Escuela cerca del edificio destruido en 1808, en el parque del Retiro, el mismo lugar en que muchos años después yo viví didácticamente los primeros años de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) como catedrático, en su Facultad de Ciencias Económicas. Y hoy la Escuela de Caminos, Canales y Puertos tiene su sede en la Ciudad Universitaria, gozando del mayor prestigio internacional, clasificada en

2017 como el quinto mejor centro de su clase en todo el mundo, según el Academic Ranking of World Universities.

Cuando acabó la carrera Pablo, en 1960, ya habían pasado los peores años de la posguerra, del racionamiento de vituallas estaba culminándose por entonces el Plan de Estabilización Económica —en el que de una u otra manera participamos Pablo Bueno y servidor de Vds.—, que hizo posible pasar de la autarquía a una economía de mercado, con un crecimiento del 7,7 por 100 acumulativo anual, lo que permitió crecer el PIB 2,6 veces en sólo trece años. Todo un cambio de faz y entrañas de la sociedad española, con el engrosamiento de las clases medias, lo que luego facilitaría en buena medida la Transición a la democracia.

Las primeras armas pacíficas de su profesión las hizo el joven ingeniero Pablo Bueno en Lummus, la sociedad que durante un tiempo dirigió José Lladó, dentro del marco del entonces mayor banco industrial de España, el Urquijo. El mismo que, si se me permite que aquí lo exprese con agradecimiento, fue editor, en su Sociedad de Estudios y Publicaciones, de mi Estructura Económica de España en sus ediciones 1 a 3, de las 25 que ha alcanzado.

Seguimos: Lummus creció en paralelo al desarrollismo de los años 60, para en cierto momento transformarse en Técnicas Reunidas, la entidad renovada en que Pablo trabajó cuatro años. Hasta que en 1966, la constructora e inmobiliaria Colomina G. Serrano decidió crear TYPSA (Técnicas y Proyectos, S.A.), para dar servicio de ingeniería y arquitectura a las empresas de su grupo.

En esa ocasión, Pablo dejó Lummus, pese a que José Lladó trató de retenerlo, ofreciéndole un prometedor futuro. Por razones bien sencillas, nuestro ingeniero, Miembro de Honor del Instituto desde hoy, sentía una vocación más amplia, en pro del desarrollo de infraestructuras y equipamientos de todas clases, como efectivamente lo consiguió en la nueva TYPSA, a cuyo frente se puso con toda decisión.

Decía William Petty (1623/1687) —el primer economista según Karl Marx, para él anterior a Adam Smith—, que la Ciencia Económica no debe expresarse sólo en comparativos y superlativos más o menos etéreos y difusos, sino que debe exigirse la máxima precisión, con información cuantitativa bien articulada. Y eso precisamente es lo que tratamos de hacer en lo que sigue, en relación con el desarrollo en España de las infraestructuras que tanto deben a la ingeniería:

- Desde 1966, pasamos de no tener ni un solo kilómetro de carreteras de alta capacidad, a contar con más de 15.000 de autopistas y autovías. Y de un parque automovilístico de un millón de vehículos y de uno por cada 30 españoles, pasamos a 32 millones, uno por casi español y medio.

- La red ferroviaria de alta velocidad era inexistente a mediados de los años 60, para hoy disponer de casi 3.000 kilómetros, habiendo disminuido los tiempos de viaje a la cuarta parte de antes. Lo mismo sucedía con las redes de cercanías: no existían. Cuando ahora funcionan 2.200 km en 12 núcleos de grandes poblaciones; apreciándose la necesidad de ampliar la oferta en por lo menos en un 20 por 100 más.

- En 1966, solo había Metro en España en dos ciudades: Madrid y Barcelona, con un total de red de 45 km. Hoy funciona en siete ciudades con algo más de 700 km en conjunto.

- El tráfico aéreo se expandió de los tres millones de pasajeros al año en 1970, a 207 millones en 2018.

- Y algo parecido sucede en el caso de los sistemas de irrigación para la agricultura: de tener 450 grandes presas con una capacidad de 18.000 hm³, hemos llegado a algo más de 1.200, con 63.000 hm³.

Todos esos espectaculares incrementos de infraestructuras se deben, en gran parte, a la expansión de las empresas de ingeniería como TYPESA. Y ciertamente, podríamos continuar con la bien sonante saga de avances en otros frentes, impresionantes de verdad: puertos, aeropuertos, abastecimiento y depuración de aguas, tratamiento de residuos sólidos urbanos, reciclado, etc. Y lo mismo cabría decir de los equipamientos sanitarios, educativos, culturales, deportivos, comerciales, etc.

En pocas palabras, en poco más de una generación hemos dado el salto del subdesarrollo de una larga postguerra autárquica, a contar con un país de infraestructuras y equipamientos realmente formidables, ya por encima de la media de la UE. Lo que favorece la competitividad de la sociedad española en la era de la globalización, con gran avance en el PIB, al tiempo que en la calidad de vida de los ciudadanos.

Así lo veíamos los autores del libro 40 años que cambiaron España, resultado de una jornada que celebramos el 8 de octubre de 2018 en el Congreso de los Diputados, siendo coeditores de ese Informe el Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos Ramiro Aurín, y yo mismo. Dentro del marco de conmemoraciones de los 40 años de la Constitución de 1978, una etapa de prosperidad que en modo alguno tendría que alterarse en sus grandes potencialidades.

La trayectoria profesional de Pablo Bueno, ya lo hemos visto en parte, está íntimamente vinculada a la de TYPESA, en su propio transcurrir evolutivo, desde ser una empresa de 20 personas en 1966, a convertirse en la consultora española líder en ingeniería civil, proyectos de edificación, medio ambiente y energías renovables; con fuerte presencia y proyección internacionales, merced a una plantilla es de 2.500 profesionales, repartidos por todo el mundo, y con el promedio de un 80 por

100 de su producción realizada para clientes fuera de España en los últimos diez años.

En definitiva, TYPESA se transformó de una pequeña empresa, vinculada a una constructora, a configurarse como una multinacional española independiente; que trabaja en los cinco continentes y que se posiciona en los rankings internacionales del sector como nuestra mayor empresa en servicios internacionales de ingeniería civil. En ese sentido, permítanme que detalle algunos de los proyectos realizados hasta este momento por TYPESA –repartidos en 900 contratos–, en sus casos más que significativos:

- Metros de Riad, Doha, Lima, Quito, Santiago de Chile, Sao Paulo, Estocolmo y Dacca. Como deben citarse también las redes de tranvías de Abu-Dabi y de Phoenix en Arizona USA y la labor de asesoría a los metros de Sidney y Toronto.

- Como obras hidráulicas mencionaré la central hidroeléctrica de Belo Monte, y las esclusas de navegación de Tucuruí en Brasil. No dejando de mencionar los sistemas de embalses multipropósito de Nandi Forest y Ewaso Ngiro en Kenia, el trasvase del río San Francisco a las cuencas hidrográficas del Nordeste de Brasil.

- La mayor desaladora del Mundo, de 1,2 hm³/día en Turkmenistan y los abastecimientos estratégicos de agua a Jeddah y Riad en Saudi Arabia.

- Las autopistas South Mountain Freeway y las interestatales I15 e I69 en EE.UU.

- Han de destacarse, asimismo, los aeropuertos de Doha en Qatar, y de Sao Paulo y Salvador de Bahía en Brasil.

- Ha de citarse también la alta velocidad Londres-Birmingham en el Reino Unido; el estudio de viabilidad del ferrocarril, también de alta velocidad, de Denver a las Montañas Rocosas, así como el Delhi-Calcuta, en la India.

- Subrayaremos la importancia de las ciudades universitarias de Riad y de Al Jouf en Arabia Saudi.

- En el sector de las energías renovables, ha de citarse la planta solar fotovoltaica Mount Signal Solar Plan, de 205 MW en California.

Todas las mencionadas son grandes realizaciones. Pero, sin duda, de lo que más orgulloso se siente Pablo Bueno es de haber promovido y desarrollado la Fundación TYPESA, para la ayuda al desarrollo, con la creación de una Universidad en el corazón del África Subsahariana, en la República Democrática del Congo, Diócesis de Mahagi. Allí funcionan los estudios universitarios del Lago Alberto (UNILAC), con inclusión, en la misma, de

una Facultad de ingenieros civiles y otra de ingenieros agrónomos. Ese proyecto africano se ideó hace algo más de diez años, con la gran ayuda del misionero español Francisco Ostos, y del entonces Obispo de Mahagi y hoy presidente de la Conferencia Episcopal de la RD del Congo, Monseñor Marcelo Utembi.

Las realizaciones en el sector de la ingeniería, y también de la Fundación TYPESA, imaginadas un tiempo atrás, son hoy casos reales. De los cuales no puede estar sino orgulloso el creador de esas realidades, Pablo Bueno. En fin de cuentas, el sentido de la vida se alcanza cuando los sueños de infancia y juventud se ven realizados en etapas sucesivas. En esa dirección, cabe evocar la frase del gran filósofo y grafista William Blake, que hoy mismo tiene en Londres una maravillosa exposición retrospectiva. Sus palabras sencillas, pero de indudable grandeza: Todo lo que hoy vemos, / fue un día imaginación. / Todo lo que hoy imaginamos, / podrá ser realidad mañana.

En cuanto a los valores de Pablo Bueno como empresario, diré que la independencia ha sido su valor más irrenunciable, desde que en 1976, TYPESA se desvinculó de la constructora que la había originado. Desde entonces, Pablo ha sido el adalid de la ingeniería libre de cualquier clase de ataduras de las típicas empresas que se llaman vinculadas.

Una manera de hacer que se ha revalidado al día de hoy, cuando apenas existen verdaderas consultoras dignas de ese nombre que sean filiales de constructoras, tanto en nuestro mercado como en el área internacional. Aunque bien es verdad que no cabe decir lo mismo de las empresas públicas, algunas de las cuales como auténticos gigantes de ingeniería, alteran y perturban la libre competencia de un mercado más que complejo.

En el sentido apuntado, Pablo siente pasión por sus clientes, nunca cautivos, sino ganados contrato a contrato. Como es el caso paradigmático de la Universidad de Riad, con la implicación relevante de TYPESA, en dura competencia siempre desde el primer contrato, en 1978: se empezó con el master plan, y siguieron los diseños complementarios, las supervisiones de obra, las ampliaciones que se han venido sucediendo.

En definitiva, Pablo siempre insiste en la importancia de adelantarse en la concepción de las necesidades de los clientes, en tensión creativa con ellos, pensando en lo mucho más que puede ofrecerse en la senda de la excelencia.

Permítanme ahora que resuma algunos de los hechos más significativos del desarrollo de la consultoría de ingeniería en España, puntualizando el protagonismo de Pablo Bueno:

- En 1964 se creó TECNIBERIA como asociación de empresas para la exportación de alta tecnología, con el apoyo del Estado a través de un consejo asesor presidido por el Director Gene-

ral de Cooperación del ministerio de Asuntos Exteriores: Pablo Bueno estaba allí.

- En 1965, se inició la externalización de la Administración española para estudios y proyectos de las obras públicas, lo que supuso la introducción de los Consultores como nuevos colaboradores de la inversión pública: Pablo Bueno estaba allí.

- En 1977, se creó la Asociación Española de Empresas de Ingeniería y Consultoras (ASEINCO), a la que pronto se unirían las principales ingenierías españolas: TYPESA entre ellas.

- En 1975, se creó ASINCE, como asociación de empresas consultoras de ingeniería civil y arquitectura, no vinculadas con ningún grupo constructor o financiero y asociadas por tanto a la asociación internacional FIDIC. Y Pablo Bueno estaba allí.

- A partir de 1986 se inició la participación española en los contratos de ayuda de los Fondos Estructurales de la Comunidad Europea, tras la incorporación española de ese mismo año a la propia CE. TYPESA estaba allí.

- En el ámbito internacional, Pablo Bueno ha ocupado altos cargos en la dirección de organismos internacionales en la Federación Internacional de Ingenieros Consultores (FIDIC), de la que ha sido miembro del Comité de Relaciones Cliente-Consultor, y desde donde participó en la redacción de los modelos internacionales de contratos. También tuvo una presencia relevante en la Federación Europea de Asociaciones de Ingenieros Consultores (EFCA), de la que ha sido miembro de la Junta Directiva y Vicepresidente.

Desde esos puestos de alta relevancia, Pablo Bueno se distinguió por su actividad en favor de la resolución de los problemas del sector de la Ingeniería en España y fuera de ella, mostrando su preocupación por el mercado, las condiciones de contratación para con una clientela cada vez más exigente, con las diversas administraciones, en pro de la continua mejora de la calidad de los servicios a prestar.

Además, Pablo Bueno no rehuyó nunca sus responsabilidades políticas en la Democracia renacida de 1977. Destacando su intervención en el Congreso de los Diputados, a propósito del Plan Director de Infraestructuras, que fue discutido a mediados de los años noventa. Y en el que de manera meridianamente clara, Pablo puso de manifiesto en las Cortes Generales que los agentes deben colaborar en las obras de Ingeniería civil, en una función práctica de cooperación público-privada (CPP).

Y vamos terminando: Pablo Bueno Sainz tiene 84 años y ha sabido ceder la presidencia ejecutiva a su hijo Pablo Bueno Tomás, que dirige la TYPESA del siglo XXI, en gran expansión internacional. De la que he podido apreciar su envergadura en tres congresos sucesivos de FIDIC (Federación Internacional de Ingenieros Con-

sultores) a los que fui invitado por él, en Barcelona, Río de Janeiro y Dubái, donde hizo aportaciones de indudable interés.

Pero esa imprescindible nueva alta dirección de TYPESA no ha sido óbice para que Pablo Bueno padre siga yendo a su despacho, interesándose por las novedades y los temas candentes; observando los sensores técnicos y económicos de las empresas del Grupo, y tratando con los clientes de toda una vida, que forman el más valioso acervo de TYPESA.

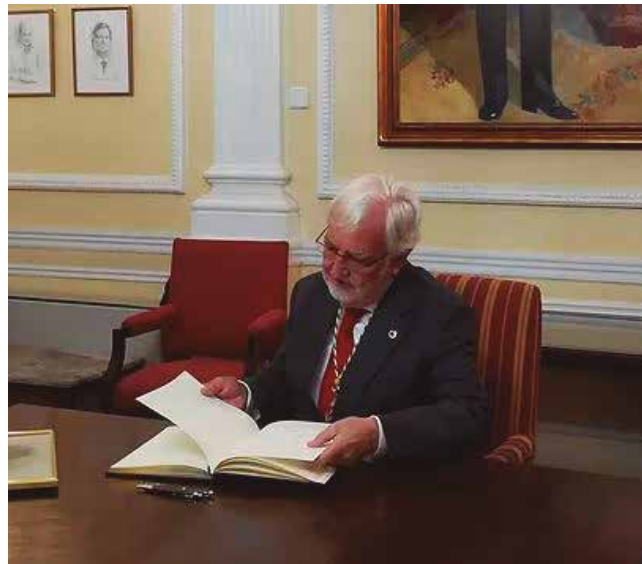
El hecho final es que hoy, Pablo Bueno ingresa en lo que Don Quijote hubiera llamado seguramente la Noble Orden de Caballería por la excelencia de la Ingeniería. Que ha tenido hasta hoy 58 Ingenieros de Honor. Y desde este momento, Pablo Bueno hará el número 59 de ese elenco, del que quiero destacar algunos de sus más expresivos nombres:

- José Echegaray, que también fue matemático y dramaturgo, y Premio Nobel de Literatura.
- Rafael Gasset, que diseñó la primera red de embalses para paliar la secular sed de las Españas.
- Leonardo Torres Quevedo, adelantado cibernético con el jugador de ajedrez, y soñador de altos vuelos con el transbordador que sigue hoy sobrevolando las cataratas del Niágara.
- Juan de la Cierva, inventor del autogiro, precedente del helicóptero.
- Rafael Benjumea, Conde de Guadalhorce, que fundó las Confederaciones Hidrográficas.
- Juan Antonio Suances, Presidente del INI en la senda de la industrialización, en la dura y larga fase de la autarquía.
- Eduardo Torroja, genio del hormigón, el concretum romano actualizado al siglo XX.
- José María Aguirre y Gonzalo, ingeniero y gran banquero de talante muy crítico en tiempos difíciles.
- Félix Aranguren, que diseñó la legendaria factoría de Ensidesa en los años 50.
- Leopoldo Calvo-Sotelo, Presidente que fue del Gobierno de la Nación en la recuperada Democracia.
- Jaime Lamo de Espinosa, programador fundamental del sector agrario tras los Pactos de la Moncloa.
- Juan Miguel Villar Mir, Catedrático, creador de OHL y académico.
- Ignacio Sánchez Galán, empresario hoy de uno de los mayores conglomerados del mundo de energías renovables.

Y ahora, hoy mismo, se incorpora a esa lista de principales, con el número 59, Pablo Bueno Sáinz.

Enhora buena, Pablo, a ti y a todos los que formáis TYPESA, y también a todos los ingenieros y demás amigos presentes... ¡Y que sea por muchos años! 🍷

DISCURSO PBS MIEMBRO DE HONOR DEL INSTITUTO DE LA INGENIERÍA DE ESPAÑA



Hoy el Instituto me distingue con el nombramiento de Miembro de Honor, distinción que se otorgó por primera vez hace 100 años y que sólo la han recibido 58 ilustrísimos ingenieros, y en lo que va de siglo, solo tres ingenieros de Caminos: Clemente Sáenz Ridruejo, Juan-Miguel Villar Mir y José Valín Alonso, grandes profesionales en su campo: la Universidad, la Construcción y la Administración. Hoy, con mi incorporación a tan selecto grupo, el sector de la Ingeniería puede sentirse representado.

Muy sinceramente me siento abrumado por esta altísima distinción que me otorga la institución representativa de la Ingeniería de España. Quiero expresar mi profundo agradecimiento al Presidente, Carlos del Álamo y a los miembros de la Asamblea General, así como al Catedrático Ramón Tamames por sus generosas palabras de elogio de mi labor como ingeniero.

A lo largo de este discurso voy a tratar de glosar en qué ha consistido mi carrera profesional. Analizaré también la evolución del sector de empresas consultoras de ingeniería civil y su situación actual y terminaré señalando lo que creo que la ingeniería aporta a la Sociedad.

Me preparé, para el ingreso en la Escuela de Caminos, durante 3 años, en la Academia Luz, donde recibí las magistrales lecciones del profesor Isidoro Cano de la Torre y donde, además de recibir una sólida formación matemática, nos dotaban con la preparación intelectual, la lógica y la creatividad necesarias para encontrar soluciones óptimas a los problemas.

Estudié la carrera en la vieja escuela del Retiro, donde tuve la fortuna de aprender con personalidades de la talla de Eduardo Torroja, Clemente Sáenz García, Carlos Fernández Casado, Jose Antonio Jiménez Salas, Ramón Iribarren, Jose María Aguirre, Carlos Roa y otros prestigiosos ingenieros y profesores. Allí recibí la formación para poder ejercer la profesión con seguridad en mí mismo. Era una formación que no tenía nada que envidiar a la que se impartía en las más prestigiosas escuelas de ingeniería europeas o americanas, como el mismísimo Instituto Tecnológico de Massachusetts, en donde por cierto el profesor estrella durante muchos años fue el Ingeniero de Caminos, José Manuel Roeset, compañero mío de estudios.

Nada más acabar la carrera en 1960, me incorporé a KRONSA, la filial de Agromán especializada en estudios geotécnicos y cimentaciones especiales. De forma simultánea solicité y recibí una beca de la Fundación March que me permitió desarrollar un procedimiento novedoso de cálculo de estructuras trianguladas espaciales, asimilándolas a placas o láminas continuas, y que apliqué, conjuntamente con mi compañero José Calavera en el proyecto de numerosas estructuras espaciales, la más conocida de ellas, la cubierta del Pabellón de Baloncesto de la Ciudad Deportiva del Real Madrid, que fue récord mundial, en su momento, de luz libre con cubierta plana.

Uno de los profesores de la escuela, Antonio Osuna, me ofreció dos años después, el puesto de jefe de la sección de estructuras y obra civil de LUMMUS Española, filial española, creada por José Lladó, de la multinacional americana, germen de lo que hoy es Técnicas Reunidas, la gran empresa española de ingeniería industrial, a cuya creación y desarrollo contribuí durante 4 años. Allí aprendí de los americanos cómo una empresa de ingeniería debía organizarse de forma matricial, reduciendo niveles jerárquicos con integración vertical del trabajo. Posteriormente, en 1974 asistí a un curso del IESE de Alta Dirección de Empresas y en 1977 completé mi formación con la experiencia adquirida durante un año como Gerente de COPLACO, con el primer Gobierno de Adolfo Suárez.

En 1966 la constructora e inmobiliaria Colomina G. Serrano decidió crear la empresa TYPSA para proporcionar servicios de ingeniería y arquitectura a las empresas de su grupo, así como para acceder al mercado emergente de los contratos de estudios y proyectos que comenzaba a externalizar el Ministerio de Obras Públicas. Yo entonces era un joven ingeniero de 31 años y se me confió, junto al arquitecto José Ignacio Casanova, la Dirección General de la empresa. Podría haber seguido en LUMMUS, que operaba en un sector tan atractivo como el del petróleo, pero yo sentía la vocación de ingeniero de Caminos y quería contribuir al desarrollo de las infraestructuras y equipamientos de España con la creación de una empresa consultora de ingeniería civil.

Efectivamente, han sido, mi dedicación a la empresa que he dirigido durante más de 50 años y mi aportación al desarrollo del sector de las empresas consultoras de ingeniería las que han marcado mi vida como ingeniero y las que sin duda han motivado que el Instituto me designe miembro de honor. Ambas labores han sido colectivas, realizadas conjuntamente conmigo por muchos otros ingenieros con los que comparto el honor recibido. Cuando aparecieron estas empresas, se estaba produciendo un cambio en la forma de hacer ingeniería, entendiendo por tal la labor más propia del ingeniero, el proyecto y la dirección, control y recepción de obra. En los años 60 y 70 del siglo pasado yo dirigía, controlaba o supervisaba personalmente todos los proyectos de ingeniería que hacía TYPSA pero ya en los 80, se produjo el cambio y hoy, en el siglo XXI, la ingeniería no la hacen los ingenieros individualmente, sino equipos pluridisciplinares altamente especializados, coordinados por generalistas y utilizando procedimientos, sistemas y programas tecnológicamente muy avanzados en las distintas disciplinas. Estos equipos provistos de ese conjunto de procedimientos, sistemas y programas, constituyen las empresas de ingeniería.

Desde entonces, la respuesta dada por las empresas españolas consultoras de ingeniería civil y arquitectura a los retos que la evolución de España ha presentado, ha sido brillante consiguiendo una profunda transformación de nuestras infraestructuras y equipamientos, tal y como el profesor Tammes ha señalado y desarrollando además un sector tecnológicamente avanzado y competitivo en el mercado global.

Como decía, mi trayectoria profesional está vinculada al desarrollo de TYPSA, desde su creación en 1966, hasta convertirse en la empresa consultora española líder en ingeniería civil, edificación, medio ambiente y energías renovables. En el año 1976, en plena crisis económica, financiera, política y social, como director general capitaneé una operación de compra de la empresa por el equipo directivo, con lo que TYPSA pasó a ser una empresa no vinculada a ningún grupo financiero. Esta es una característica que me parece necesaria, una empresa consultora de ingeniería debe ser independiente para trabajar exclusivamente buscando el mejor servicio de su cliente.

Ante la atonía absoluta del mercado español en aquel momento, impulsamos de forma decidida la actividad internacional, especialmente en Oriente Medio e Hispanoamérica.

Fruto de ello, en 1978, la empresa resultó adjudicataria, para diseñar, gestionar y supervisar la construcción del nuevo campus de la Universidad Islámica de Riad, en Arabia Saudí, una ciudad universitaria de unos 90.000 habitantes, y cuya inversión supera los 5.000 millones de dólares. Cuando Emilio Botín, años después, decidió construir la ciudad financiera del Santander le enseñamos lo que TYPSA había

hecho en la ciudad universitaria de Riad e inmediatamente decidió encargarnos el proyecto y el control y la gestión de construcción de su ciudad financiera.

En el año 1982, abordamos la expansión territorial con la creación de una red de delegaciones extendida por todo el territorio nacional.

Ya en el siglo XXI nos lanzamos a la gran expansión internacional, en la que mi hijo Pablo ha trabajado eficazmente, mediante la implantación de sucursales, en Perú, en Brasil, en Bulgaria, y en Portugal, ampliando oficinas en Dubái, Arabia Saudí y en varios países de América Central.

En 2006 abordamos el mercado norteamericano con la compra de Aztec, ingeniería especializada en infraestructuras del transporte y con oficinas en Texas, Arizona, California y Nevada. Asimismo, incorporamos al Grupo la filial brasileña, Engecorps y la filial portuguesa TECNOFISIL.

A esto siguió la adquisición de la empresa belga AGRER, con la que abordamos los proyectos de cooperación de la UE y el BM en África, y el establecimiento de nuevas empresas filiales o delegaciones en Chile y México, India, Pakistán, Bangladesh, Australia, Reino Unido, Irlanda y Suecia. Simultáneamente con nuestra expansión internacional, hemos continuado ampliando el campo de conocimiento y experiencia de nuestro grupo incorporando filiales especializadas como MC2 en edificios en altura y estructuras mixtas o especiales, INTEMAC en control de calidad de materiales y construcciones, RAUROS en conservación de infraestructuras y GBM en gestión sostenible del agua. Hoy en día, TYPESA es la matriz de un grupo de empresas con más de 110 M€ de fondos propios, con una facturación anual en servicios profesionales de unos 250 M€, el 80 % para clientes internacionales, y más de 2.500 profesionales de la ingeniería y la arquitectura, 1.000 de ellos en España y 1.500 fuera de ella.

Como decía simultáneamente a mi dedicación a TYPESA he contribuido a la creación y desarrollo en España del sector de empresas consultoras de ingeniería civil. He sido presidente de Tecniberia, de Tecniberia Civil, de Asince y de FIDEX. Promoví la fusión de las asociaciones Tecniberia-Asince y ejercí de presidente de la asociación fusionada. A nivel europeo fui vicepresidente de EFCA y a nivel mundial miembro del Comité de relaciones cliente consultor de FIDIC participando activamente en la redacción de los documentos de esta asociación de la que por cierto mi hijo Pablo ha llegado a ser presidente hace pocos años. El sector de ingeniería civil llegó a su máximo desarrollo al iniciarse la crisis de 2007 y hoy día se encuentra en situación muy difícil.

En esta última década la demanda de servicios se ha reducido de forma alarmante. El sector estaba formado en

2008 por unas 1.500 empresas que facturaban alrededor de 3.000 millones de euros en servicios profesionales y daban trabajo a unos 35.000 técnicos, entre ellos 25.000 titulados universitarios. Algunas empresas estábamos trabajando para clientes internacionales, pero nuestra actividad exportadora en conjunto sólo suponía un 10 % de la facturación global del sector.

En el momento actual esta situación ha cambiado radicalmente. Algunas empresas han aumentado notablemente su presencia internacional, otras han desaparecido o subsisten difícilmente ante la drástica reducción del mercado español y algunas de las más importantes han tenido que ser vendidas a sociedades extranjeras. La licitación del conjunto de las Administraciones Públicas españolas, que en 2007 fue de 2.400 millones de euros, se ha venido reduciendo de forma notable y, a pesar de una cierta recuperación en los últimos años, sigue por debajo del 30 % de aquella cifra. Estas drásticas variaciones del mercado no las puede soportar el sector de la ingeniería, cuya capacidad de producción es fija, directamente proporcional al número de técnicos empleados. Los principales órganos inversores de la Administración deben tener en cuenta la necesidad de mantener vivo y competitivo un sector estratégico como es el de la ingeniería. En épocas de escasez de recursos para inversión, se debe aprovechar para crear una biblioteca de estudios y proyectos.

Con datos del Registro Mercantil se deduce que más del 50 % de las principales empresas españolas del sector (las que tienen más de 200 empleados) declararon pérdidas en 2018 y un 50 % está en situación financiera muy delicada. En el momento actual, las más importantes Administraciones Públicas, están contratando los servicios profesionales con unos pliegos cuya perversa fórmula de valoración de la oferta económica es en buena parte responsable de esta situación. Sobrepondera la competencia en precio en la adjudicación y obliga, si se quiere tener opción a contratar, a hacer bajas del orden del 40 %. De esta forma se agrava la situación, porque en un mercado en el que la oferta supera a la demanda, las empresas, en situación desesperada, hacen ofertas y contratan con precios que, además de generar nuevas pérdidas, hacen muy difícil poder dar un servicio de calidad.

La consultoría de ingeniería solo se puede hacer más barata reduciendo el tiempo que los profesionales dedican a analizar alternativas y sus riesgos, reduciendo la profundidad de las investigaciones geotécnicas o del análisis de los servicios afectados, o utilizando técnicos de menor coste, con menos experiencia o conocimiento. Por eso es un error que la competencia en precio sea decisiva para la adjudicación de los contratos de ingeniería.

Las empresas de seguros americanas demostraron que cuando el precio influía en la adjudicación de los servicios profesionales de ingeniería y arquitectura, el número e importancia de los siniestros aumentaba y consecuentemente el gobierno federal desde 1976, tiene prohibido por ley “la Brooks Act” cualquier mínima influencia del precio en la adjudicación de estos servicios.

Para dar un nuevo impulso a nuestro país, situarlo en la vanguardia del desarrollo, y disminuir el nivel de incidencias que vienen ocurriendo en el proceso inversor, necesitamos que el talento y la creatividad de los ingenieros sean utilizados debidamente. La ingeniería es una labor creativa, no es un oficio. Hay que conseguir proyectos mejores y más desarrollados, antes de contratar las obras, con más detallado estudio de alternativas, analizando su rentabilidad y sus riesgos funcionales, económicos, sociales y medioambientales, teniendo en cuenta los costes de construcción, operación y mantenimiento a lo largo de la vida útil de la inversión; con mayor profundidad de los estudios geotécnicos de las zonas conflictivas, con más detallado estudio de los servicios afectados y de las situaciones provisionales de obra.

Las nuevas tecnologías que, en el sector de la arquitectura, la ingeniería y la construcción tienen a las metodologías BIM como espina dorsal, están cambiando radicalmente nuestro sector. Ya se trate de algoritmos de inteligencia artificial, de nuevos materiales, de la impresión tridimensional a gran escala, de la maquinaria autónoma de construcción conectada a internet o de los servicios de almacenamiento de información y cálculo en la nube, las nuevas tecnologías traen consigo una gran oportunidad para que los ingenieros den satisfacción a las necesidades de la sociedad de una forma más eficiente proporcionando soluciones mejores, más sostenibles y resilientes.

Para ello es necesario reformar radicalmente el sistema de contratación pública de los servicios profesionales, separando racionalmente las fases de selección y adjudicación mediante la utilización más frecuente del concurso restringido y del diálogo competitivo, haciendo que el mayor peso de la decisión, en la fase de selección, recaiga en la experiencia, idoneidad y capacidad del suministrador y que la adjudicación se base fundamentalmente en la calidad de la oferta técnica, incentivando la innovación y la creatividad. Sería también muy conveniente que aumentara la participación de ingenieros en los altos cargos de las Administraciones inversoras.

La competitividad de la sociedad española y la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos, requieren que se siga invirtiendo en infraestructuras, pero además las circunstancias actuales de la economía española exigen que se invierta mejor utilizando más a las empresas consultoras de inge-

nería, tanto en las fases de estudio y proyecto, como en las de construcción, operación y conservación. Hay que invertir porcentualmente más en ingeniería, tal como se hace en los países del norte de Europa y USA y ello se debe a una única razón avalada por la experiencia: un gasto mayor en ingeniería repercute de forma notable en reducir la inversión total, tanto inicial como de mantenimiento, en reducir el número de incidencias y siniestros, y en la mejora de la funcionalidad y calidad del servicio.

No podemos ignorar que España sigue necesitando inversiones en infraestructuras. Hay que completar la red ferroviaria del Siglo XXI, hay que seguir ampliando las redes de metro y de cercanías de las grandes ciudades y hay que cumplir con los objetivos que nos ha señalado Naciones Unidas en su agenda 2030.

En este sentido, son necesarios nuevos esfuerzos para adaptar nuestras infraestructuras a los eventos climáticos extremos, principalmente las inundaciones y las sequías, teniendo en cuenta los escenarios del cambio climático. Debemos reconsiderar los parámetros clásicos de diseño y adoptar nuevas metodologías que nos permitan tomar decisiones en un entorno de incertidumbre, analizando la sensibilidad de las alternativas frente a cambios futuros en el clima.

El sector de empresas consultoras de ingeniería no debe tener problemas si se destina a ingeniería el porcentaje necesario para optimizar la inversión, con un cambio estructural importante en el alcance de los servicios, en la asignación de presupuestos y en la forma de contratar dicha ingeniería. El sector no está sobredimensionado, en los países escandinavos ocupa al 1,7% de la población, en España no llega al 0,8%.

En los países del Norte de Europa las fases iniciales del diseño de los contratos de ingeniería no están limitadas por plazos y presupuestos estrictos, sino que se invierte lo necesario para llegar a la mejor solución. Es preciso abandonar sistemas de contratación cerrados cuando no se conoce qué nos podemos encontrar en la búsqueda de la mejor solución y son muchos los factores que influyen en el proyecto. Es un error delimitar a priori el alcance del trabajo de ingeniería en las fases de planeamiento, estudio informativo y proyecto básico. Se debe ir en estas fases al contrato por administración. Nos estamos acostumbrando a aceptar prácticas que son contrarias a la lógica.

El Instituto de la Ingeniería de España promovió en mayo de 2015 una declaración por la calidad de los servicios de ingeniería y de arquitectura que fue suscrita por Tecniberia, Fidex, Unión Profesional de Colegios de Ingenieros, Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España, Fun-

dación COAM y por EFCA y FIDIC. Yo le pido al Instituto y a todas estas instituciones que se mantengan activos ante las Administraciones Españolas hasta que se alcancen los objetivos de esta declaración.

La Humanidad ha evolucionado mucho desde Atapuerca. La creación de las Universidades como la de Bolonia en el siglo XI o las nuestras de Palencia y Salamanca ya en el siglo XIII, contribuyó enormemente al desarrollo humanístico y científico del hombre. Pero es a partir de inicios del XIX y, sobre todo, en el XX, con la creación de las Escuelas de Ingeniería cuando se mejoraron de forma decidida las condiciones de vida de los ciudadanos, cuando se produce el cambio que supone sacar a la gran masa de la población de la miseria y llevarla a la sociedad de consumo.

Ortega, en su ensayo "Meditación sobre la Técnica", expresa que: "La técnica es lo contrario de la adaptación del sujeto al medio, puesto que es la adaptación del medio al sujeto. Un hombre sin técnica, es decir, sin reacción contra el medio hostil, no es un hombre". Si analizamos nuestros movimientos y actos diarios vemos que la calidad de vida que disfrutamos está basada en la adaptación que ha realizado la ingeniería del medio a nuestra conveniencia. Al despertar tocamos un resorte y se enciende la luz, gracias a la ingeniería, tocamos un segundo resorte y funciona la calefacción, gracias a la ingeniería, vamos al cuarto de baño, abrimos un grifo y sale agua fría o caliente a nuestra elección, gracias a la ingeniería y así sucesivamente en todos nuestros movimientos y actos diarios.

Los actuales niveles de bienestar y de "bienser", expresando este barbarismo las actuaciones que producen bienestar permanente, se deben a las aportaciones de la ingeniería en todos los ámbitos de nuestra vida cotidiana.

A partir del momento de la creación de las Escuelas de Ingenieros, y la incorporación de los ingenieros a las organizaciones administrativas y empresariales, se pone en marcha el mayor período histórico de crecimiento económico y Occidente se distancia del resto de las civilizaciones con un desarrollo de la calidad de vida, desconocido hasta entonces. La medicina ha conseguido el aumento de la esperanza de vida, pero quién ha sacado a la humanidad de la miseria y del régimen de subsistencia ha sido la ingeniería.

La ingeniería tiene una especial vinculación con la economía real, e integra un concepto amplio de la sostenibilidad tal y como lo interpreta Murray Gell-Mann, Premio Nobel de Física en 1969. Hay que conseguir, dice Gell-Mann, un mundo en el que las tecnologías utilizadas para alcanzar la alta calidad de vida de los ciudadanos tengan un impacto ambiental asumible por la naturaleza y no se consuman recursos no renovables, donde la población se haya estabilizado, la

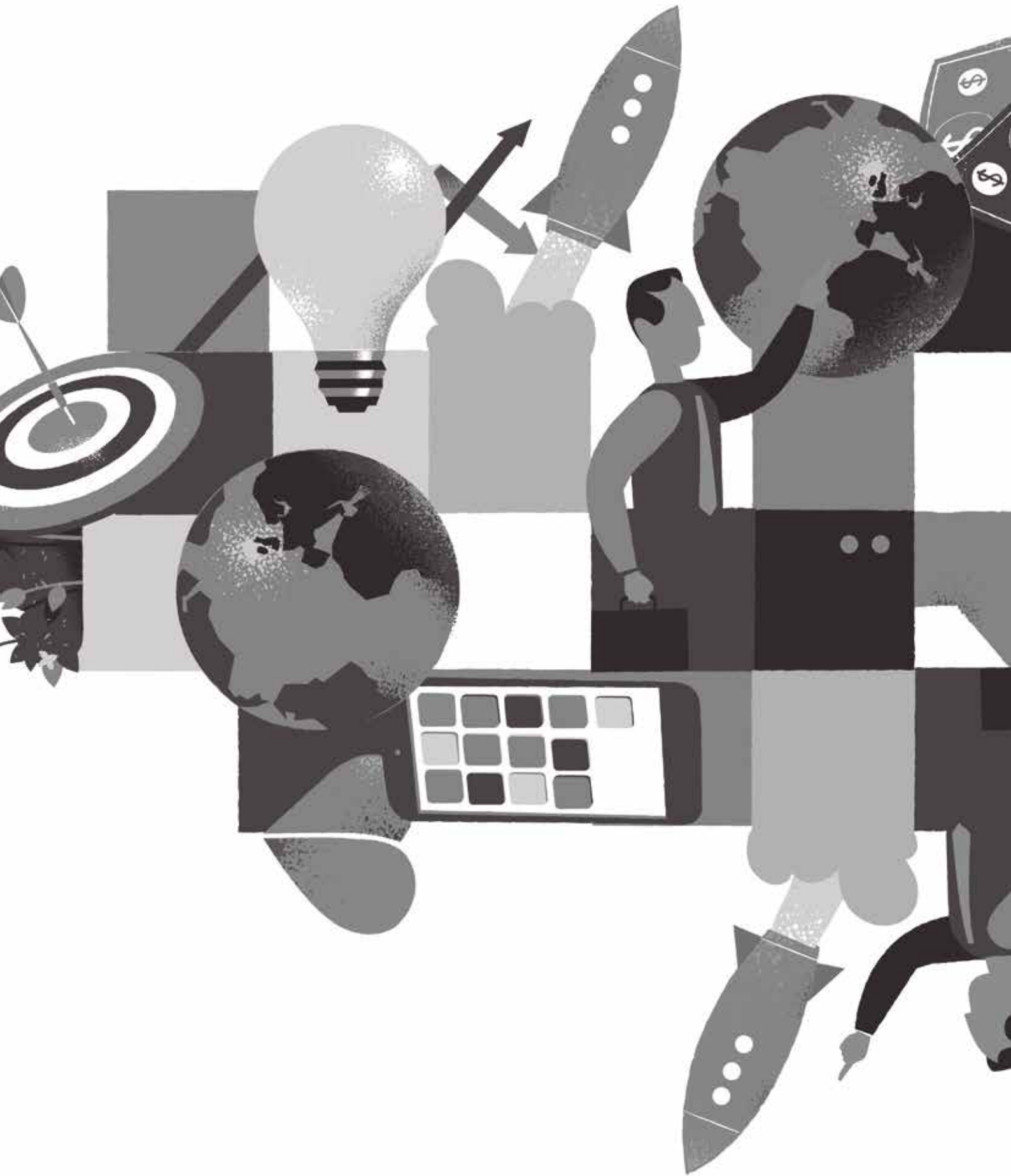
pobreza se haya mitigado, las instituciones internacionales sean mucho más fuertes, la democracia y los derechos humanos estén más afianzados y el conflicto violento haya desaparecido del mundo.

Para ello los ciudadanos de los países desarrollados tenemos que aceptar que el crecimiento futuro tiene que ser más cualitativo que cuantitativo y que tenemos que transmitir una parte de nuestra riqueza a los países en desarrollo, y esto está relacionado con la responsabilidad social corporativa de nuestras empresas. Sras. y Sres. miembros del Instituto de la Ingeniería de España, yo he dirigido, coordinado o supervisado numerosos proyectos de infraestructuras, y me he sentido feliz viendo como esas obras una vez terminadas funcionaban de forma eficiente, y comprobando como los ciudadanos con su utilización conseguían mejorar su calidad de vida.

Pero tengo que manifestarles que el proyecto del que me siento más satisfecho es el que hemos promovido y desarrollado desde la Fundación TYPESA para la Cooperación. La creación de una universidad en el corazón del África Subsahariana, en la RD del Congo, en la diócesis de Mahagi, con la creación de la denominada Universidad del lago Alberto (UNILAC) y con inclusión en la misma de una facultad de ingenieros civiles y otra de ingenieros agrónomos. Este proyecto es hoy una realidad gracias en gran medida a las aportaciones de la Fundación TYPESA, que además ha conseguido la colaboración de la UPM al desarrollo de estas facultades de ingeniería.

Creo que lo mismo que Kant hace 200 años mostró que el sentido del deber en el ser humano era un "factum", hoy en día es también un "factum" que las empresas e instituciones del mundo occidental tienen el deber de ayudar al mundo subdesarrollado, y la más eficaz de las ayudas para salir del subdesarrollo es la que Occidente viene aplicando desde hace 200 años: formar ingenieros y realizar inversiones en infraestructuras y equipamientos. Europa y las empresas europeas tienen el deber de implicarse en África muy especialmente, pero además en estos momentos no es solo un deber, es también una necesidad urgente.

Con estas consideraciones sobre el valor de la ingeniería y su necesaria aplicación a los países en vías de desarrollo termino agradeciendo a todos Vds. la atención que han prestado a mis palabras no sin reiterar mi agradecimiento por este nombramiento al Instituto, a su Presidente y a los miembros de su Asamblea, que me honran con su presencia en este acto. 🍷



Parte II

COYUNTURA



La Academia de Ingenieros Militares de Guadalajara

Precursora de las universidades politécnicas

FERNANDO da Casa Martín

Dr. Arquitecto.

Director de la Oficina de Gestión de Infraestructuras de la Universidad de Alcalá

RESUMEN

Los ingenieros militares, como precursores de los ingenieros civiles, desarrollan una actividad científica y tecnológica de innovación derivado del estudio y la investigación, que es preciso conocer para poder poner en valor el actual devenir de la profesión.

La Academia de Ingenieros en la ciudad de Guadalajara significó además de disponer de un centro de formación de referencia en Europa, contar con otras instalaciones como los Talleres del Material, instalaciones necesarias para la Aerostación militar, y para los inicios de la aviación (construcción de motores), todo ello fruto del “desarrollo tecnológico”, y verdadero embrión de un intento de despegue industrial.

PALABRAS CLAVE

Ingenieros, academia militar, historia

ABSTRACT

Military engineers, as the forerunners of civil engineers, performed an innovative scientific and technological activity based on study and research, which should be taken into account when evaluating the evolution of the profession.

The Engineer Academy in the city of Guadalajara was an educational centre renowned throughout Europe, equipped with facilities, such as Material Workshops and the installations necessary for military aerostation and the early development of aviation (construction of engines). This all came about as a result of “technological development” and sowed the seeds for an attempt at industrial take-off.

KEYWORDS

Engineers, military academy, history

1

Introducción

La ingeniería civil nace en Europa a mediados del siglo XVIII, y surge como bifurcación de la ingeniería militar, cuando las obras de utilidad y financiación pública dejan de ser proyectadas y ejecutadas por los ingenieros militares, hasta entonces los únicos profesionales con la formación necesaria para desempeñar estas funciones.

Disponer de una visión retrospectiva que permita descubrir el origen de nuestro pasado, poder comprender nuestra historia es necesario. Así se podrán actualizar los valores de su función, y permitirá poner en valor su evolución. Para comprender estas cuestiones debemos conocer, quienes han sido y como han contribuido al desarrollo tecnológico del país los que nos han precedido.

Desgraciadamente la historia de nuestro País, en el siglo XX ha provocado un hecho social de rechazo a todo lo que significaba “lo militar”, unificando bajo esa premisa, e igualando de un modo no razonado, a toda una historia, con un amplio espectro de conocimiento. El Ingeniero militar era considerado como un “opresor más”, y por tanto todo lo que tuviera relación con ello, era menospreciado. Estas actitudes recuerdan las tan ahora denostadas quemadas de documentos, de bibliotecas como las de Alejandría, Delfos, Damasco o Roma. Es obligada desde este texto, una reflexión para poder ver que hay más allá, para comprender el gran valor de lo que nos precede, y que nos da pautas para llegar más lejos.

2

Las academias. Centros de formación

La institución que tenía a su cargo la formación de los mandos militares a

partir del siglo XVIII son las Academias. La complejidad de los avances tecnológicos en el ámbito militar hace que los monarcas sean conscientes que los mandos de sus ejércitos deben tener una formación acorde a las nuevas necesidades, y con ello la necesidad de “reglar” su docencia para disponer de oficiales capacitados para el manejo de estas armas.

Surge la conveniencia de reunir en un solo lugar a los futuros oficiales del arma, con el fin de unificar los conocimientos que debían obtener, y con ello la creación de “las Academias Militares”. La primera Academia en España, fue la del Arma de Artillería, fundada por el rey Carlos III en 1764, y se ubicó en el Alcázar de Segovia.

La creación del cuerpo de ingenieros en España es en 1711. Con anterioridad sus funciones venían derivadas desde diferentes ramas de la profesión militar, con una formación específica de las que hay referencias desde 1582 [1], en diferentes Centros denominados Escuelas Especiales.

La academia militar del arma de Ingenieros se crea en 1803. Se ubicará en Alcalá de Henares, hasta 1823 (con un periodo de no funcionamiento de 1808 a 1814 durante la guerra de la Independencia, con la conocida “fuga de zapadores”). En el periodo de 1823 a 1833 tuvo su sede en Granada, desde la que se trasladó a Guadalajara, en donde estuvo hasta 1931. Y de ahí a Segovia hasta 1940, Burgos hasta 1986, y a su ubicación actual en Hoyo de Manzanares (Madrid).

3

La Academia de Ingenieros de Guadalajara, un centro universitario politécnico

La presencia de la Academia en Guadalajara por casi un siglo de duración, ha sido su implantación más longeva, y se puede considerar la etapa más fructífera a tenor de los resultados.



Fig. 1_ Fachada de la Academia en 1905.
Fuente: Biblioteca Central Militar

Desde su implantación la academia experimenta una evolución notable con un cambio sustancial en su Plan de estudios que databa de 1711. Plan a desarrollar en cuatro años, con progresión de los conocimientos, en los que a los conocimientos básicos de aritmética, álgebra, geometría, trigonometría, dibujo, topografía, geografía, historia de España, francés e Inglés, o latín, se incorporaban materias de cosmografía, geodesia, mecánica, óptica, química, materiales, arquitectura, esteotomía de la piedra, geología, además de las específicas militares como fortificaciones, artillería, minas [1]. Todo ello permitió generar un cuerpo básico teórico y de práctica arquitectónica complejo en lo cultural y en lo artístico. Estos planes son sometidos a auditorías externas internacionales (Francia y Bélgica), con gran resultado.

Es por ser un modelo de desarrollo tecnológico y de innovación por lo que podemos afirmar ese carácter de ser una institución precursora de los centros universitarios politécnicos. Queda constatado que, “la investigación de los ingenieros militares en distintos campos de la ciencia y la aplicación, en áreas de su competencia, de los avances tecnológicos, aportaron a la ciudad de Guadalajara un nuevo renacimiento cultural” [2]. Ratificado por la obtención de diversos premios y menciones en exposiciones universales (Viena 1873, Filadelfia 1876, Paris 1878, Barcelona 1888, Chicago 1893) así como ser la representación de España en las Conferencias de Aerostación Científica en Berlín 1902, San Petersburgo 1904, Milán 1906, y Mónaco 1909.

4 Los logros de la Academia

4.1. La aeroestación

En 1896, a raíz de las líneas de investigación y las actividades científico-técnicas desarrolladas en la Academia, se consolida en Guadalajara el primer servicio de Aerostación militar, tras varios intentos infructuosos derivados del escepticismo de los políticos del momento.

Los primeros pilotos son Oficiales al mando en la Academia, y que irán a formarse en Francia, Alemania e Inglaterra, y posteriormente serán los encargados de la formación de los nuevos pilotos, así como de los observadores.

Las primeras ascensiones, en elementos cautivos de ascenso controlado, son para sistemas de observación. En 1905, la Academia colaboró con Leonardo Torres Quevedo, para la puesta en práctica del proyecto de dirigible con armadura funicular, que mejoraba los diseños del Conde Zeppelin, y que tuvo resultados satisfactorios, si bien por razones externas (de carácter político) su verdadero desarrollo industrial fue fuera de nuestras fronteras. A partir de 1909, la Academia adquirió sus propios dirigibles.

En 1918 Emilio Herrera, miembro de la Academia, llegó a proponer el enlace mediante una línea transatlántica de



Fig. 2_ Fachada posterior al campo de maniobras 1914. Fuente: Archivo General Militar



Fig. 3_ Dirigible. 1917. Fuente: Archivo Histórico Provincial de Guadalajara

pasajeros con dirigibles desde Galicia hasta E.E.U.U., como siempre cuestiones de índole no técnico hicieron que la idea acabara en otros lares.

En 1929, se construye en las instalaciones de Guadalajara, el dirigible "Reina María Cistina", para instrucción de pilotos.

4.2. Pioneros en la aviación

Las nuevas experiencias de vuelo, son conocidas desde su inicio en la Academia, y como muestra en 1909, el Rey Alfonso XIII junto con dos mandos de la Academia (Kindelan y Vives) conocen a los hermanos Wright y su avión, en Francia, y traen las primeras exhibiciones a España al año siguiente.

En 1911, cuatro Oficiales de la Academia (Arrillaga, Barrón, Kidelan, y Ortiz Echagüe) se convierten en los primeros pilotos de avión españoles. Su formación se realiza en el paraje que luego será Cuatro Vientos. En 1912 Guadalajara disponía de su propio campo de vuelo para aviones, junto a las instalaciones de aerostación.

La primera guerra mundial, provoca una dificultad de adquisición de suministros aéreos, por lo que en las instalaciones de Guadalajara se decide montar una industria paralela que se traduce en la implantación de una fábrica de motores (la Hispano-Suiza).

Es en 1915, cuando vuela por primera vez un avión español diseñado por Barrón (el modelo "Flecha"), con un motor

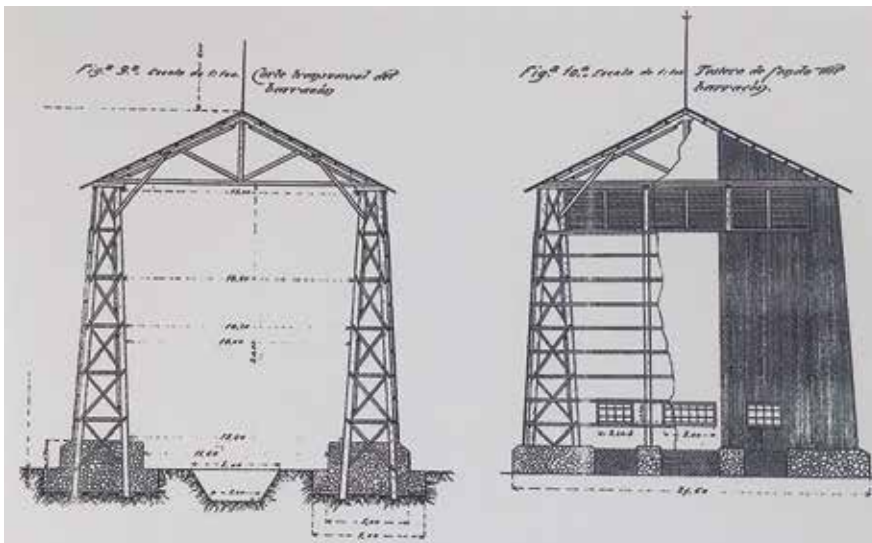


Fig. 4_ Hangar diseñado en la Academia 1909. Fuente: Archivo General Militar



Fig. 5_ Traje estratosférico. Fuente: Fundación Emilio Herrera

de Hispano Suiza, y construido en los Talleres de cuatro Vientos.

4.3. Los avances científicos

Las actividades desarrolladas en el ámbito de la actividad aérea, impulsan el avance tecnológico en campos no estrictamente militares.

Las experiencias en globos cautivos permitieron la realización de estudios de las capas superiores de la atmósfera para conocer los efectos de la variación de la temperatura según la altura, dentro de los acuerdos adoptados con la Comisión Científica Internacional de Aerostación. En 1904, se lanza el primer globo sonda. También en estos vuelos se ensayan diferentes equipos de navegación.

En uno de los intentos de batir el record de altura tripulado, en septiembre de 1928, el Comandante Molas muere por anoxia a 11.200 m de altura por un fallo de congelación en el tubo de oxígeno de su equipo. Este hecho impulsa en la Academia a buscar soluciones, y fruto de ello Emilio Herrera diseña una escafandra estratosférica, que será el precedente de los actuales trajes espaciales.

Se desarrollan nuevos instrumentos de observación. Se comienza la utilización de la fotografía aérea como precursora de la fotogrametría aérea. La aplicación de estos conocimientos es evidente en el ámbito cartográfico. En 1848 se inicia la recuperación de la cartografía militar destruida por los franceses, creando el depósito General topográfico de Ingenieros, y rehaciendo planimetrías, colaborando en una labor catastral.

También se realizan grandes avances en el campo de las transmisiones. Ante la necesidad de comunicación entre los elementos aéreos y los terrestres de lo observado desde el aire (datos propios del vuelo, de la meteorología, o de los propios objetivos observados), en 1879 se crea el servicio de palomas mensajeras para transmisiones

militares, ligado desde el inicio al Batallón de Telégrafos, contando con un Palomar Central. Se imparte formación y desarrollan las técnicas de telegrafía óptica, eléctrica, e incluso es la cuna de la radiocomunicación. En 1899, se producen en la Academia los primeros ensayos de la mano de Marconi, y en 1900 el capitán Calvo, publica el primer libro en España de telecomunicación sin hilos [4].

4.4. Los manuales de arquitectura

La enseñanza de la arquitectura que se implementaba en 4º curso, se realizaba bajo textos generados desde la propia Academia. “Las lecciones de Arquitectura”, publicadas en 1877, de Bernardo Portuondo son consideradas por diversos autores como “una de las mejores obras sobre composición publicadas en el siglo XIX” [3]. Portuondo además introduce en sus lecciones el análisis de la repercusión de los cambios sociales (consideración del trabajo como un derecho de retribución salarial) en la economía de la obra, y en los procesos constructivos.

Otros documentos fueron generados y utilizados como “la disertación sobre la propiedad” redactado por A. Zarco del Valle en 1826, considerada como única regla fundamental de la Arquitectura. Incluso textos reglamentarios de la Academia como la obra titulada “Arquitectura” de Antonio Parellada de 1920, fue elegida en un concurso y distinguida con una condecoración [4].

El nivel adquirido queda patente en la invitación en 1912, al profesor Carlos Barutell y Power para impartir en el Ateneo de Madrid un curso organizado por la Academia de Bellas Artes, sobre la historia de las artes plásticas españolas, lección publicada en el Memorial de Ingenieros.

Todas las publicaciones incluían láminas que ilustraban los desarrollos teóricos de cada una de las partes que lo componían.

13. Ascensión libre, en L. de Euzara de 1918

Desde *Justalajas a Caracas*, 205 kms
 Duración del viaje: desde 9 hs. 10 ms. a 15 hs. 45 ms
 Altura máxima: 12200 metros sobre el punto de partida
 Director: *Capitán Martínez Sáenz*
 Compañeros de viaje: *Tel. Pizarro* y *yo*
 En el globo "Orion" de 7000 m.

PESO EN KILOGRAMOS	Globo completo hasta el círculo de suspensión	254	
	Barquilla con lonas y bolsas	35	227
	Cuerda freno	18	
	Aeronautas		213
	<i>Tel. Pizarro</i>	91	
	<i>Martínez Sáenz</i>	75	
	<i>C. Medina</i>	51	
Enseres, aparatos y palomas, etc., etc.	20		
Lastre: 10 sacos, a 15 kgs.	150	180	
Fuerza ascensional remanente	10		
SUMA		700	

Gas empleado *ácido*
 con una fuerza ascensional de 4.00 kgs. por m.³

OBSERVACIONES A LA SALIDA

Barómetro Termómetro { seco
 húmedo

Nubes *azul claro*

Viento *PEL-F*

OBSERVACIONES A LA LLEGADA

Barómetro Termómetro { seco
 húmedo

Fig. 6_ Hoja de ascensión.1928.
 Fuente: Archivo General Militar

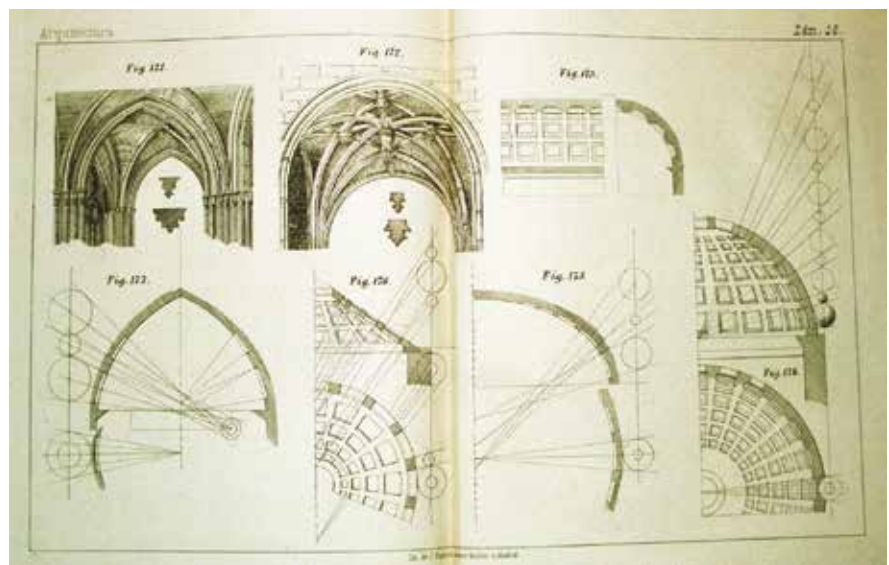


Fig. 7_ Lámina nº 18, de “Lecciones de Arquitectura” de Portuondo (1877)

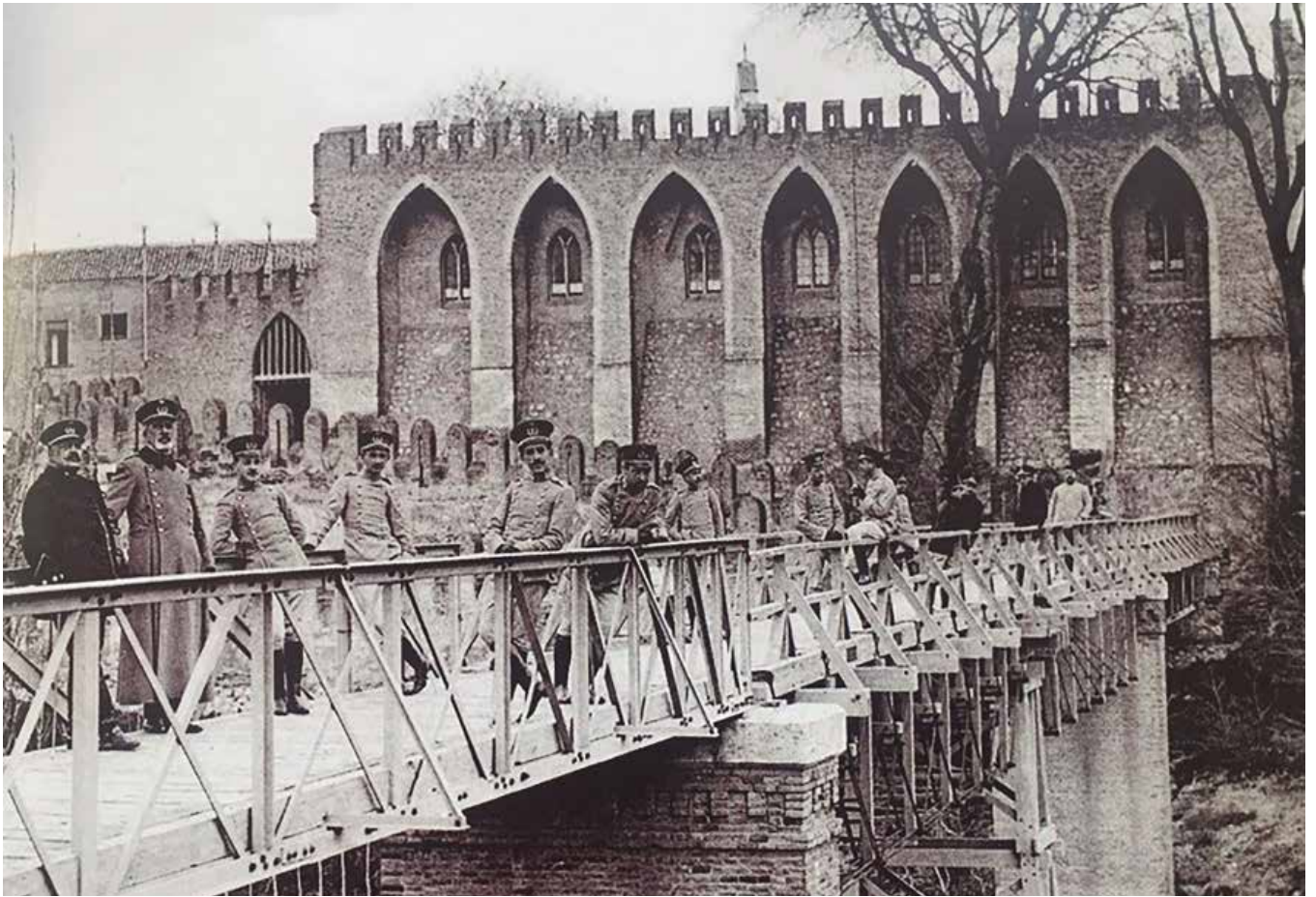


Fig. 8_ Cadetes en el Puente. 1914. Fuente: Biblioteca Central Militar

También se utilizan textos extranjeros que son traducidos por los profesores de la Academia, como ejemplo la traducción de Mariano Carrillo de Albornoz en 1848, del texto de John Millington "Elementos de Arquitectura" de 1839.

4.5. El memorial de ingenieros

Un verdadero centro de producción científica debe transmitir los conocimientos generados a la sociedad. El memorial de Ingenieros nace como una revista científico-técnica, que admite además trabajos históricos. Es fundada el 4 de enero de 1846 por el General Director de la Academia Antonio Zarco del Valle, en línea con las tendencias europeas, como el *Journal des Batiments*, el *Recul Polytechnique des Ponts et Chaussées* o *The Civil Engineer and Architect's Journal* [4]. En España se puede considerar pionera ya que es en junio de 1846 cuando aparece el *Boletín Español de Arquitectura*, y no es hasta 1853 que empieza a pu-

blicarse la Revista de Obras Públicas. Este Memorial es utilizado como herramienta de expresión, y como medio de intercambio de experiencias, de conocimientos adquiridos y de mostrar los resultados de las investigaciones realizadas, y como no, un instrumento publicitario al exterior del nivel científico de los Ingenieros militares. Todos los Oficiales y Jefes del Cuerpo son potenciales redactores, y se incitaba a su participación de un modo periódico.

Los artículos científicos publicados tenían un ámbito internacional compitiendo en diversos foros con textos de entidades del máximo nivel como la École Nationale des Ponts y Chaussées de París, y recibiendo múltiples premios y menciones ya mencionadas.

5

A modo de conclusión

Obligada referencia, por lo que implica de impulso social, es la instalación de la Academia de Ingenieros del Ejército, en el segundo tercio del siglo XIX, en una ciudad en una situación crítica, lo que supone además del crecimiento económico, un desarrollo científico y cultural aportado por los profesionales, profesores y alumnos de esta academia, que ponen Guadalajara, en el mapa internacional, si bien este desarrollo se limita al casi siglo de permanencia.

No obstante, la huella que tan profundamente grabaron los ingenieros militares, aún es evidente, y continúa evocando un pasado en el que, sus actividades, sus trabajos, la documentación que generaron, su legado construido, alude a un camino que al concluir esta etapa, las circunstancias adversas difuminaron, como ya había ocurrido en otras ocasiones, aunque, esta vez, es necesario un mayor impulso para poder recuperar la memoria de los éxitos que dejaron a su paso en la historia.

Se debe indicar que durante este periodo de implantación de la Academia como Centro Docente, se puede considerar como un verdadero antecedente universitario, como precursora de las Escuelas Politécnicas al uso de las coexistentes en Europa, y con las que competía como Centro de Investigación. El “testigo”, que da testimonio de la continuidad en su recorrido, quedó sin entregar en su momento, siendo recogido en el último cuarto del siglo XX por la Universidad de Alcalá. 📍

REFERENCIAS

- [1] J. Carrillo (1996). “Historia del Arma de Ingenieros. Siglos XVI al XIX”. Memorial del Arma de Ingenieros Junio 1996. Ministerio de Defensa.
- [2] A. Bodega y F. da Casa (2011). “La huella de los ingenieros militares en la ciudad de Guadalajara”. Cap del libro, “La Universidad de Alcalá y la Academia de Ingenieros de Guadalajara”. Universidad de Alcalá.
- [3] J. Arrechea (1989) “Arquitectura y romanticismo”. Universidad de Valladolid.
- [4] A. Bodega (2006). “Guadalajara y los Ingenieros Militares”. Colegio Oficial de Arquitectos de castilla La Mancha.

El arpa y el espacio

Imagen y presencia en la ingeniería

MARÍA JOSÉ
Carralero

Doctora en Patrimonio y Documentación Histórica, Artística y Cultural por la Universidad de A Coruña.

Profesora numeraria de Arpa en los CMUS de Ferrol y A Coruña

RESUMEN

El arpa es uno de los instrumentos musicales más antiguos que ha acompañado al hombre a lo largo de la historia. Aspectos fundamentales en su evolución han sido su relación con el espacio, su funcionalidad social, su valor artístico referencial y su asociación con contenidos simbólicos que trascienden la realidad. En este artículo pretendemos destacar la vinculación del arpa con la ingeniería del sonido, así como la simulación espacial a través de la utilización formal del instrumento como fuente de inspiración de destacados puentes contemporáneos.

PALABRAS CLAVE

Arpa, puente, ingeniería, música

ABSTRACT

The harp is one of the oldest musical instruments to have accompanied mankind throughout history. The fundamental aspects of its evolution lie in its relation with space, its social function, its referential artistic value and its association with symbolic contents that transcend reality. This article aims to underline the association of the harp with sound engineering, and the spatial stimulation through the formal use of the instrument as a source of inspiration for outstanding contemporary bridges.

KEYWORDS

Harp, bridge, engineering, music

1

Estructura musical del espacio

El arpa como objeto material e inmaterial incide directamente en el campo del patrimonio. Un ámbito complementario es el encargado de estudiar el espacio destinado para un tipo de sonido concreto como el de este instrumento, que corresponde a los profesionales de la ingeniería y la construcción. Ambos dominan los principios de la acústica aplicada, así como algunas de sus ramas y áreas, entre otras:

- Movimientos oscilatorios.
- Analogías electromecánico-acústicas.
- Ondas planas longitudinales y ondas esféricas.
- Transmisión, reflexión y difracción de las ondas sonoras.
- Absorción de las ondas en fluidos.
- Filtros acústicos y mecánicos.
- Vibración de cuerdas.
- Vibración de barras.
- La voz y la escucha.
- Vibración de placas y membranas.

Son muchos los trabajos que tratan las analogías entre el espacio y la música a partir de las leyes de las proporciones. Sin embargo, el estudio sobre el sonido concebido como medio de comunicación, como variedad de experiencia y como expresión de las culturas y la interacción social es todavía escaso. En la actualidad, el interés por los sound studies está creciendo en respuesta al entorno mediático renovado .

La ingeniería de sonido se ocupa de la producción sonora y su manipulación, y se sirve de tecnologías asociadas a

otras disciplinas como la electrónica o la física, y del diseño de mecanismos que le permitan crear, grabar y reproducir. Sus capacidades incluyen la fabricación de dispositivos a través de herramientas de software. Un ejemplo es la elaboración de sistemas para acondicionar acústicamente edificios o aislarlos del ruido. Factores como la colocación de micrófonos, la orientación del intérprete en el escenario, la elección de los materiales del auditorio o sala donde se celebra el concierto, etc., son determinantes para obtener resultados que garanticen la calidad del sonido. La conjunción entre el espacio y la música genera un ritmo y sigue ciertos criterios con el fin de crear un movimiento más eficiente en el proceso artístico. Estos criterios han ido perfeccionándose en cada período de la historia, según las necesidades de un material siempre cambiante, dependiendo del pensamiento de la época y del estilo.

La relación entre las proporciones matemáticas y el arte musical ha sido objeto de estudio desde la Antigüedad. La conexión entre belleza y armonía como fin del discurso organizativo de ambas disciplinas ha dado lugar a los aforismos «la arquitectura es música congelada» y «la música es arquitectura derretida» . En Grecia y Roma se formularon las leyes de las proporciones que relacionan, entre otras, la construcción y la música. Un ejemplo relevante lo encontramos en el Odeón de Pompeya, en cuyo interior se interpretaban recitales y se declamaban poesías acompañadas de instrumentos afines al arpa. El espacio reducido del teatro evitaba la dispersión del sonido, favoreciendo la acústica de estos instrumentos. Estas teorías , recuperadas durante el Renacimiento, continúan todavía vigentes, aunque sometidas lógicamente a los cambios estéticos que derivan de la evolución de las artes .

En el siglo XV, en el Libro Noveno de su obra De re aedificatoria, Leon Battista Alberti expone un sistema de proporciones numéricas que rigen la relación

entre las cuerdas musicales. Citando a Pitágoras, señala: «[...] estos números por los cuales viene que aquella compostura de voces se haga muy agradable a los oídos, aquellos mismos números hacen que los ojos y el ánimo se hinchen de maravilloso deleite, hacerle ha pues toda la razón de la finición de los músicos, los cuales tienen muy bien conocidos estos tales números, y también de aquellos a los cuales la naturaleza da de sí alguna cosa digna y vistosa, pero no pasa más adelante de lo que haga al propósito del autor. [...] Armonía decimos que es la consonancia de las voces suave a los oídos. [...] De todos estos números veían muy cómodamente los maestros, y tomados de dos en dos, como para poner el mercado, plazas, patios, descubiertos, en los cuales solamente se consideran dos diámetros de anchura y largo [...]. En las armonías están los números de cuyas correspondencias se cumplen las proporciones de ellas, como en dupla, tripla, cuadrupla [...]. De los números cuales los hemos contado veían los arquitectos, no confusa y mezcladamente, sino correspondiendo por toda parte en armonía, como el que quisiese alzar paredes en una planta por ventura, cuyo largo sea doblado su anchura» . Son muchos los enigmas que todavía quedan sobre la obra de L.B. Alberti y la influencia de sus fuentes de referencia.

La música, al igual que la edificación, se sirve de determinados medios para provocar emociones específicas en el oyente. Ambas disciplinas evolucionan con la sociedad de cada época y son fiel reflejo de la misma. Se nutren de todos los sentimientos, ideologías, estéticas y experiencias del momento, y existe una interrelación entre la inspiración espacial y la musical.

Asimismo, el arpa ha modificado su apariencia para adaptarse a los nuevos tiempos y exigencias. De ser un instrumento que servía en sus orígenes para acompañar a una melodía y que no tenía más intención que dulcificar el canto para ser escuchado por los

oyentes que se encontraban alrededor del intérprete, progresó para ir adaptándose a los nuevos roles que le exigían los compositores y salas de conciertos. Esto llevó a evolucionar aspectos como su técnica, morfología (cabe destacar el aumento progresivo de su tamaño) y repertorio. El instrumento alcanzará su mayor esplendor cuando la patente de Sébastien Érard de 1811 establece la base del arpa de doble movimiento de siete pedales, modelo con el que su mecanismo alcanza el nivel máximo de perfeccionamiento. A partir de ahí comienzan a publicarse obras de grandes exigencias técnicas conforme a la demanda del público.

En la actualidad, el diseño urbano y los elementos funcionales integrados en los espacios dedicados a las diferentes actividades sociales son determinantes en las ciudades. De este modo, los espacios destinados a manifestaciones artísticas musicales reflejan su relación con los estamentos del poder que los promueve, ya sea social o privado. El arpa, durante varios siglos, fue uno de los instrumentos predilectos de la sociedad.

En los edificios religiosos, con el transcurso del tiempo, pervive su propia identidad acústica de forma inherente y, en este sentido, el arpa era un instrumento importante en la liturgia de las diferentes religiones. Un estudio estructural de algunas iglesias españolas contiene información acerca de sus condiciones acústicas y de su influencia sobre la música que en ellas sonaba en cada época. Existe una estrecha vinculación entre la música sacra y los espacios arquitectónicos para los que fue pensada. Ya los maestros de capilla realizaban sus composiciones en base a la identidad sonora propia de las iglesias para las que trabajaban. Esto muestra cuán importantes son las condiciones sonoras que ofrece cada recinto sacro y cómo influyen en el resultado final. Las investigaciones recientes acerca de la producción arpística en el ámbito religioso han de tener en cuenta las variaciones que se han

ido incorporando en la propia historia de la construcción. Actualmente existe un gran interés en la recuperación de este repertorio por parte de historiadores especializados que han profundizado en sus estudios en cuestiones como la estrecha relación entre el arpa y la arquitectura-ingeniería.

2 La simulación formal del arpa: los puentes

El arpa como objeto también forma parte de nuestro patrimonio inmaterial. Como señala Federico González en el capítulo VII de su libro *Simbolismo y Arte*: «[...] la audición de los distintos pueblos constituye su música, que es el resultado de las relaciones y proporciones entre los diversos sonidos, signos o señales, que conforman su encuadre cultural», y «La música occidental nace míticamente con la lira de Apolo y el patrocinio de las musas, de las cuales deriva su nombre, y Platón en *El Banquete* la da como invención del Olimpo [...]». Al igual que sus instrumentos afines, el arpa como símbolo hace referencia a una mayor elevación del pensamiento y se constituye en puente o vía de comunicación entre cielo y tierra. Esta relación entre los planos superiores o espirituales y los materiales o mundanos del puente es la que proporciona a este singular cordófono el significado simbólico del arco iris o de la escalera mística, metáfora que se manifiesta visiblemente en la ingeniería contemporánea de estas construcciones. Juan Eduardo Cirlot indica asimismo en su *Diccionario de símbolos*, la identificación del instrumento con la escalera mística: «[...] tiende un puente entre el mundo terrestre y el celestial, por el cual los héroes de Edda querían que se depositara un arpa en su tumba (para facilitar el acceso al otro mundo)».

Los puentes se han convertido en todo un símbolo de unión y belleza, cuya integración en el agua y el paisaje los hacen inconfundibles. Quizás por ello,

muchos proyectistas hayan visto en la figura del arpa la realización estética de esa multiplicidad de sentimientos. La imaginación del ser humano y su capacidad de convertir sus sueños en realidad resultan admirables e implican la fe en él mismo, en sus obras y en su resolución para hacer aquello que se propone.

Los puentes se construyen en función de su utilidad y de sus condiciones geográficas y geológicas. Para su construcción, en la Antigüedad se usaba principalmente madera; posteriormente se utilizó piedra, hasta llegar al hierro y al hormigón en los últimos siglos. De los cinco tipos principales de puentes (viga, en ménsula, en arco, colgantes y atirantados) y sus derivados (transbordador, suspendido, de troncos, levadizo, etc.), el arpa como elemento de diseño se utiliza principalmente en los construidos en ménsula, en arco, en los colgantes y en los atirantados. La inspiración ejercida por el arpa se pone especialmente de manifiesto en los metálicos con cables.

El puente atirantado es aquel cuyos elementos principales de la estructura son los tirantes, las torres (pilonos) y el tablero. Este último se halla en el aire suspendido de una o más torres mediante un sistema de cables. Dependiendo de la colocación y de la manera de distribución de esos tirantes que sostienen el tablero, existen diferentes tipos en evidente paralelismo con el instrumento: tirantes paralelos (arpa), semiparalelos (semiarpa) y radiales (abanico). Las torres sufren toda la carga en esta clase de puentes, y su atirantamiento nos transporta de nuevo a la simulación de la imagen del arpa con distintos ejemplos de vinculación entre pilar, pilón y tablero.

Al contemplar un puente metálico de cables o atirantado resulta fácil establecer una comparación con la imagen del arpa. Otro aspecto para el análisis es el estudio de la incidencia de estas formas en el paisaje. Ejemplos como el puente de Lusitania (Mérida), el Zubizuri



Fig. 1_ Puente Juscelino Kubitschek, Brasilia. Los arcos no se encuentran en el mismo plano y los cables de suspensión forman una superficie parabólica. Esta versión grácil, dinámica y mágica del arco sugiere una clara imagen de lo que fue el arpa primitiva. Sin duda, un paisaje idílico para simular la figura de un arpa en forma de arco (seonegativo.com)



Fig. 2_ Puente de Hispanoamérica, Valladolid. Su imagen nos hace pensar en un arpa dual que juega a dos manos con el aire (www.skyscrapercity.com)



Fig. 3_ Puente Octavio Frias de Oliveira, São Paulo. Es uno de los puentes atirantados más singulares cuya única estructura sostiene dos pistas curvas. Una imagen similar al arpa de dos órdenes de cuerdas cruzadas del período Barroco, que nos transmite una gran carga de misticismo conseguida a través de un juego de efectos lumínicos (www.tublogdearquitectura.com)



Fig. 4_ Puente Ingeniero Antonio Dovalí Jaime en la región de Minatitlán, Veracruz. Considerado uno de los puentes atirantados más representativos de México, su imagen nos evoca arpas en concierto, en este caso, arpas en abanico de singular belleza (www.revistaconstruye.com.)



Fig. 5_ Puente de Redding, California. Sobre el río Sacramento se encuentra este puente a modo de arpa con una estructura elegante y ligera. Su imagen podría interpretarse como un arpa angular en versión minimalista, perfectamente integrada en el paisaje (ar.pinterest.com)

(Bilbao), el Juscelino Kubitschek (Brasilia), el puente sobre el Yangtzé (China), el 25 de Abril (Lisboa), el Ingeniero Antonio Dovalí Jaime, el puente de Hispanoamérica, el Octavio Frias de Oliveira, el Río-Antirio, el puente de Redding, el L'assut de L'or, el puente del Alamillo, el puente de la Mujer, etc., se integran en paisajes singulares que simulan arpas en forma de arco, primitivas, sucesivas, angulares, en abanico, duales en paralelo o cruzado y en versión minimalista. Los ejemplos son numerosos.

La proyección de puentes a partir de la estructura aérea del arpa representa una de las soluciones más imaginativas para dar respuesta a la demanda constante de propuestas novedosas que aúnen creatividad con técnicas y modelos funcionales de ingeniería capaces de satisfacer las necesidades de la sociedad actual. 📍

REFERENCIAS

- BATTISTA ALBERTI, L. (1582) *De re aedificatoria* o Los diez libros de arquitectura. Oviedo: Edición facsimil y traducción de Francisco Lozano, 1975.
- BRUHN JENSEN, K. (2010) «El sonido de los medios», en *Revista científica iberoamericana de comunicación y educación*, n.º 34, pp. 15-23.
- CALVO-MANZANO, M.R. (2006) «Analogías metafóricas entre la composición de una obra arquitectónica y la composición de una obra musical», en *Música y Educación*, año XIX, n.º 66, pp. 75-90.
- CIRLOT, J.E. (1998) *Diccionario de símbolos*. Barcelona: Circulo de Lectores.
- GONZÁLEZ, F. (2004) «Arte Musical: Arquitectura del Cosmos», en *Simbolismo y Arte*. Zaragoza: Libros del Innombrable, pp. 120 y 117.
- GOYCOOLEA PRADO, R. (2007) «Papel y significación urbana de los espacios para la música en la ciudad occidental», en *Política y sociedad*, vol. 44, n.º 3, pp. 13-38.

Evolución y comparación de la dotación de infraestructuras y de la demanda de transporte terrestre en España y los principales países de la UE

RESUMEN

El desarrollo de autovías y autopistas de alta capacidad en España ha sido extremadamente positivo durante los últimos 25 años, llegando a un total de 15.336 kilómetros en diciembre 2015. España ya tiene la red más grande de autovías y autopistas de la Unión Europea, incluso delante de Alemania y Francia. En lo que respecta a los trenes de alta velocidad, la situación es idéntica: la red en España se extiende a 2.871 km, por delante de las redes de Francia y Alemania, de 2.036 km y 1.475 km, respectivamente.

Sin embargo, la situación es muy diferente con respecto al número de viajeros y el transporte de mercancías, donde la demanda en España no alcanza a la de Alemania y Francia. En el caso de mercancías, por ejemplo, España transporta 10,8 B t-km, mientras que Alemania llega al sorprendente 116,6 B t-km.

Con todo esto, se puede concluir que España tiene bajos volúmenes de tráfico con respecto a su capacidad de transporte, tanto por ferrocarril como por carretera. El análisis continúa con un examen individual de los 11 países principales de la UE junto con un análisis global de la UE-28.

PALABRAS CLAVE

Autovías, autopistas, trenes de alta velocidad, viajeros, transporte de mercancías, tráfico

ABSTRACT

In Spain, the development of high-capacity highways and motorways has been extremely positive in the last 25 years, reaching a total length of 15.336 (fifteen thousand three hundred thirty-six) kilometers by December 2015. Spain now has the longest stretch of highways and motorways within the European Union, including ahead of Germany and France. With respect to the high-speed railways, the situation is identical: Spain's network stretches 2.871 km, ahead of France's 2.036 km network and Germany's 1.475 km network.

However, the situation is the opposite with respect to the demand of travelers and freight, where demand in Spain falls short of Germany and France. In the case of freight, for example, Spain transports 10,8 B t-km whereas Germany reaches a surprising 116,6 B t-km.

With this, one can conclude that Spain experiences a low volume of traffic with respect to its transport capacity, both on its rail network and highway network. The analysis continues with an individual look at the 11 main countries of the EU and includes the aggregate analysis of the EU-28 as well.

KEYWORDS

Highways, motorways, high-speed railways, travelers, freight, traffic

**MATÍAS J.
Esteras**

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

1

Breve introducción teórica

Las principales variables explicativas de la demanda de transporte de viajeros y mercancías y, por tanto, de la dotación de infraestructuras son el volumen de población, la renta y las tasas de motorización de coches y de camiones. Para la elección del tipo de infraestructura más adecuada para satisfacer la demanda tienen una especial importancia la densidad de población (hab/km²) y las distancias entre las principales áreas metropolitanas en el caso de viajeros, así como la estructura productiva en el caso de las mercancías, según se comenta a continuación.

Obviamente, una elevada población y una renta per capita elevada implican unos mayores niveles de demanda de viajeros y de mercancías, mientras que unas tasas de motorización elevadas de coches y de camiones implican unas demandas más altas y una mayor participación del transporte por carretera.

Densidades de población elevadas, como sería el caso de la Europa Central (Benelux y Alemania), implican que todos los modos de transporte terrestre y el transporte aéreo sean eficientes, mientras que áreas con densidades de población bajas presentan problemas de eficiencia de ciertos modos de transporte.

Densidades de población bajas pueden estar distribuidas homogéneamente por todo el territorio o ser consecuencia de unas pequeñísimas densidades de población, casi desérticas en amplias zonas, mientras que en otras las densidades de población serían mucho más elevadas: en este sentido destaca el caso de España, con la recientemente llamada España vacía, que abarca las dos Castillas y Aragón, así como Extremadura, La

Rioja e incluso Navarra, mientras que las densidades poblacionales son mucho más elevadas en las provincias con litoral marítimo (donde además de la población residente se concentra una importante población flotante turística), destacando las áreas metropolitanas de Barcelona, Valencia, Sevilla, Málaga y Bilbao. Obviamente, interesa resaltar que la existencia del área metropolitana de Madrid implica un modelo radiocéntrico, con distancias elevadas para cubrir la demanda con el litoral marítimo. Se debe destacar que además de las relaciones radiales, en España existe un gran volumen de demanda de viajeros y mercancías en las relaciones litorales del corredor mediterráneo, puesto que se concentra una gran parte de la población y de la renta española: Cataluña, Comunidad Valenciana y Murcia, extendiéndose hasta Algeciras si se incluye el transporte de mercancías.

Densidades de población bajas, distribuidas homogéneamente, implican que los modos más eficientes sean el autobús y el coche (camiones en el transporte de mercancías), por lo que la infraestructura predominante y más eficiente económicamente sería la carretera.

En sentido contrario, densidades de población bajas, pero con una estructura similar al caso español, permiten otras infraestructuras y modos de transporte eficientes alternativos y adicionales a la carretera: aeropuertos y ferrocarriles convencionales o de alta velocidad, si bien la competencia entre estos dos modos de transporte debe ser cuidadosamente analizada, especialmente con la liberalización completa a mediados de la década de 1990 del transporte aéreo y la consecuente aparición de las tarifas *low cost*, así como por los elevados costes de la infraestructura ferroviaria de alta velocidad en los corredores que presentan una orografía más montañosa.

Asimismo, es posible la explotación eficiente de servicios de ferrocarril de cercanías en las áreas metropolitanas con gran población, y que, en el caso español, serían, básicamente, las comentadas anteriormente, así como las cercanías de Asturias, Cádiz, Murcia, San Sebastián, Santander y últimamente Zaragoza. Los servicios de cercanías, coordinados (intercambiadores, aparcamientos disuasorios, títulos de transporte válidos para todos los modos de transporte, etc) con los servicios urbanos de metro, tranvía (con o sin prioridad semafórica) y autobús deberían ser una alternativa a la congestión del transporte por carretera que se produce con recurrencia diaria en las horas punta.

En el caso del transporte de mercancías, la estructura productiva del país tiene una incidencia determinante: en los países que cuentan con grandes empresas (Alemania), los envíos de transporte son voluminosos entre derivaciones particulares, lo que lo hace especialmente adecuado para el transporte ferroviario: trenes directos puros, sin ningún tipo de clasificación intermedia de los vagones (que incrementarían considerablemente los costes y tiempos de transporte) y sin ningún tipo de acarreo inicial, ni final por transporte por carretera (como es el caso de los contenedores). En sentido contrario, en los países en los que la amplia mayoría de las empresas son pequeñas (España), los envíos de transporte son pequeños, por lo que los tiempos y los costes del transporte implican que el modo de transporte más adecuado sea la carretera en detrimento del ferrocarril.

Aunque sea redundante, interesa comentar que las empresas grandes son las que transportan las mercancías más adecuadas para el ferrocarril: carbones, cementos, minerales, combustibles, productos químicos, automóviles, productos siderúrgicos, etc.

2 Características demográficas y económicas

En la tabla 1 se recogen las características demográficas y económicas en los principales países de la UE y para el total UE-28. Se observa una baja densidad poblacional española (92 hab/km²) en comparación con la media de los 11 países analizados (138 hab/km²), con la media EU-28 (114 hab/km²) y especialmente con Holanda, Bélgica, Reino Unido y Alemania. Además, en estos países la distribución es más homogénea en el territorio.

El PIB per cápita español (23.000 € anuales) y el número de coches por cada mil habitantes también es inferior a la media de los 11 países analizados, lo que en principio indica una inferior potencialidad total de desplazamientos de viajeros y mercancías respecto a los otros países analizados, si bien las distancias de desplazamientos pueden ser superiores, dada la gran extensión de España.

La tasa de motorización más elevada se alcanza en Italia (616 coches/1000 hab). Esta cifra puede estar muy próxima al límite de saturación o asintótico absoluto de la citada tasa, por lo que no son de esperar nuevas incorporaciones netas al parque, y las matriculaciones se concentrarán en la sustitución del parque más anticuado. En España se alcanzan sólo 481 coches/1000 hab, lo que se puede considerar una oportunidad: las más altas tasas de matriculaciones esperadas se centrarán en los vehículos menos contaminantes: híbridos y eléctricos, que paulatinamente sustituirán a los diésel y de gasolina.

3 Comparación y evolución de la dotación de infraestructuras terrestres

En la tabla 2 se recoge la longitud de las carreteras de gran capacidad (au-

	Población (miles)	Superficie (miles de km ²)	PIB (miles de millones €)	Densidad Población (hab/km ²)	PIB per Cápita (miles €)	Coches por 1.000 hab.
Austria	8.690	83,9	339,9	104	39	546
Bélgica	11.311	30,5	410,4	371	36	501
Alemania	82.176	357,1	3.032,8	230	37	548
Dinamarca	5.707	43,1	271,8	132	48	419
España	46.446	506,0	1.075,6	92	23	481
Francia	66.760	633,1	2.181,1	105	33	479
Italia	60.666	301,3	1.645,4	201	27	616
Holanda	16.979	41,5	676,5	409	40	477
Portugal	10.341	92,1	179,5	112	17	439
Suecia	9.851	450,3	447,0	22	45	474
Reino Unido	65.383	243,8	2.580,1	268	39	477
Total	384.310	2.782,7	12.840,1	138	33	515
Eu-28	510.284	4.470,6	14.710,6	114	29	498

Fuente: Eurostat y elaboración propia

Tabla 1_ Características demográficas, físicas y económicas. Año 2015

topistas y autopistas). Se observa que en España la evolución ha sido extraordinariamente positiva en los últimos 25 años: de 4.596 km en 1990 se ha pasado a 15.336 km en 2015 (España es el país europeo que cuenta con mayor longitud de carreteras de gran capacidad), lo que supone un incremento anual acumulativo del 4,94 % y en términos absolutos representa la entrada en servicio de 430 km anuales: esta cifra es del mismo orden de magnitud que las entradas anuales en servicio en el conjunto de los otros 9 países analizados, excluido Portugal. Además interesa resaltar que esta evolución se ha debido fundamentalmente a la entrada en servicio de nuevas autopistas: en 1990 las autopistas sólo suponían el 45 % de las carreteras de gran capacidad, mientras que en 2015 las autopistas se elevaban al 80 % del total, lo que en términos absolutos equivale a 12.296 km frente a 3.040 km de autopistas.

Conviene también resaltar la importante evolución positiva de Francia, Portugal y Alemania.

En los últimos 5 años analizados (período 2010 a 2015), la entrada en servicio de nuevas carreteras de gran capacidad ha disminuido drásticamente en casi todos los países analizados: de 982 km se ha pasado a 500 km anuales y en España de 430 km se ha pasado a 215 km, es decir, aproximadamente la mitad en ambos casos.

El modelo de las autopistas de peaje de coches y camiones se ha seguido tradicional e históricamente en los países mediterráneos (Francia, Italia, Portugal y España), si bien una característica esencial de los dos últimos es que el régimen de concesión ha sido privado, mientras que en los dos primeros ha sido público. En los últimos años, en casi todos los países analizados se han

	1990	2000	2010	2015	Incremento anual 2015/1990 (%)	Incremento anual 2015/1990 (km)	Incremento anual 2015/1990 (km)	Incremento anual 2015/1990 (km)
Austria	1.445	1.633	1.719	1.719	0,70 %	11	6	0
Bélgica	1.666	1.702	1.763	1.763	0,23 %	4	4	0
Alemania	10.854	11.712	12.819	12.993	0,72 %	86	85	35
Dinamarca	611	923	1.130	1.237	2,86 %	25	21	21
España	4.596	9.049	14.262	15.336	4,94 %	430	419	215
Francia	6.824	8.766	11.392	11.599	2,14 %	191	189	41
Italia	6.193	6.478	6.668	6.943	0,46 %	30	31	55
Holanda	2.092	2.265	2.651	2.756	1,11 %	27	33	21
Portugal	316	1.482	2.737	3.065	9,51 %	110	106	66
Suecia	939	1.499	1.971	2.119	3,31 %	47	41	30
Reino Unido	3.213	3.586	3.686	3.769	0,64 %	22	12	17
Total	38.749	49.095	60.798	63.299	1,98 %	982	947	500
Eu-28	42.207	55.116	71.136	75.820	2,37 %	1.345	1.380	937

Fuente: Eurostat y elaboración propia

Tabla 2_ Evolución longitud (km) autopistas o autovías

establecido en las autovías peajes para los camiones y en los países del este de la UE para los coches: en el estudio 'Tarificación de carreteras en principales países de la UE', realizado en esta Subdirección se recoge y analiza la información al respecto.

Una característica destacada de la red de autopistas de peaje en España es que su distribución territorial está concentrada, básicamente, en una pocas Comunidades Autónoma (cuadrante nororiental y Madrid), lo que crea disfunciones con el resto de la red de gran capacidad (autovías), cuyo uso es gratuito, así como agravios comparativos entre Comunidades Autónomas.

No se ha considerado oportuno realizar un análisis similar para el conjunto de todas las carreteras, incluyendo, por tanto, las que no son de gran capacidad, puesto que algunos países reco-

gen carreteras sin pavimentar, mientras que otros no lo hacen. Por tanto, las cifras no son homogéneas y comparables, lo que puede arrojar resultados erróneos.

En la tabla 3 se recoge la evolución de la longitud (km) de las líneas ferroviarias para los mismos años en los 11 países analizados y total EU-28. Se deduce que, en este caso, España cuenta con una red reducida (16.313 km en 2015), especialmente si se compara con Alemania (38.828 km) y Francia (28.765 km), evidenciando la mayor eficiencia del ferrocarril en las áreas con mayor densidad de población, según se ha comentado anteriormente. El % de electrificación en España (63,6 %) es superior a la media de los países analizados (57,8 %) y de la UE-28 (53,2 %). Sin embargo, es una característica bastante conocida que el % de vías dobles respecto al total es bastante inferior en España

que en el resto de los países europeos en la red convencional ferroviaria.

Respecto a la evolución, se deduce que en España ha aumentado la longitud de las líneas ferroviarias (71 km anuales), consecuencia del desarrollo de la alta velocidad ferroviaria, mientras que la longitud disminuye drásticamente en muchos países europeos, especialmente en Alemania y Francia, a pesar de que en ambos también está desarrollándose la red ferroviaria de alta velocidad. En definitiva, se está poniendo de manifiesto en toda Europa la dificultad del ferrocarril convencional para competir con la carretera, posiblemente debido a los nuevos requerimientos de la demanda de mercancías: fiabilidad y just in time. España fue precursora en esta tendencia europea de disminución de la red ferroviaria durante los últimos 25 años: hacia mitad de la década de 1980 se desmantelaron miles de km que no

	1990	2000	2010	2015	2015 electrif. (%)	Incremento anual 2015/1990 (%)	Incremento anual 2015/1990 (km)	Incremento anual 2015/1990 (km)	Incremento anual 2015/1990 (km)
Austria	5.624	5.665	5.039	4.937	71,2	-0,52 %	-27	-49	-20
Bélgica	3.479	3.471	3.582	3.607	85,6	0,14 %	5	9	5
Alemania	48.981	36.588	33.707	38.828	52,4	-0,92 %	-406	149	1024
Dinamarca	2.388	2.787	2.606	2.552	24,3	0,27 %	7	-16	-11
España	14.539	14.347	15.837	16.313	63,6	0,46 %	71	131	95
Francia	34.070	29.272	29.504	28.765	55,5	-0,67 %	-212	-34	-148
Italia	16.066	16.187	17.022	17.041	71,2	0,24 %	39	57	4
Holanda	2.789	2.802	3.013	3.058	75,7	0,37 %	11	17	9
Portugal	3.064	2.814	2.842	2.545	64,4	-0,74 %	-21	-18	-59
Suecia	11.193	11.037	11.160	10.908	75,5	-0,10 %	-11	-9	-50
Reino Unido	16.914	17.044	16.175	16.209	33,2	-0,17 %	-28	-56	7
Total	159.107	142.014	140.487	144.763	57,8	-0,38 %	-574	183	855
Eu-28	237.671	220.583	215.840	218.181	53,2	-0,34 %	-780	-160	468

Fuente: Eurostat y elaboración propia
Tabla 3_ Evolución longitud (km) líneas ferroviarias

eran viables financiera, ni económica, ni socialmente.

En la tabla 4 se recoge la evolución de la longitud (km) de las líneas ferroviarias de alta velocidad. Se deduce que, al igual que en las carreteras de gran capacidad, España es el país europeo que cuenta con mayor dotación de este tipo de infraestructuras en 2015: 2.871 km frente a 2.036 de Francia y 1.475 km de Alemania (en este último país las líneas desarrolladas son de tráfico mixto). España no disponía de este tipo de red en 1990.

Respecto a la entrada en servicio de nuevas líneas, España es, obviamente, la que ostenta la primera posición: 115 km anuales, seguida de Alemania y Francia, con aproximadamente la mitad en ambos países. Excepto los tres países citados, el resto de Europa no parece tener un excesivo interés en este tipo de infraestructura, si bien en

	1990	2000	2010	2015	Incremento anual 2015/1990 (km)
Austria	0	0	0	48	2
Bélgica	0	72	209	209	8
Alemania	90	636	1.285	1.475	55
Dinamarca	0	0	0	0	0
España	0	471	2.056	2.871	115
Francia	710	1.281	1.896	2.036	53
Italia	224	248	923	923	28
Holanda	0	0	120	120	5
Portugal	0	0	0	0	0
Suecia	0	0	0	0	0
Reino Unido	0	0	113	113	5
Total	1.024	2.708	6.602	7.795	271
Eu-28	1.024	2.708	6.602	8.019	280

Fuente: Eurostat y elaboración propia

Tabla 4_ Evolución longitud (km) líneas ferroviarias de alta velocidad

Reino Unido se va a construir una línea de gran longitud entre Londres y el área norte del país.

Respecto a la tarificación de la infraestructura ferroviaria convencional y de alta velocidad, las directivas comunitarias implican el establecimiento de unos cánones, consecuencia de la gradual liberalización de los servicios ferroviarios: las tarifas varían bastante entre los diferentes países europeos, puesto que en algunos se ha seguido el criterio de tarificación al coste marginal (Suecia) y en otros se ha seguido el criterio de costes medios o de recuperación de los costes totales (Reino Unido).

4 Comparación y evolución de la demanda de transporte terrestre de viajeros y mercancías

En la tabla 5 se recoge la evolución de la demanda de viajeros en coche en los 11 países analizados durante el periodo 1990 a 2015. Se deduce que, a pesar de la red de carreteras de gran capacidad, la demanda española en 2015 fue muy inferior (317,6 miles de millones de v-km) a la de Alemania (928,3), Francia (724,1), Italia (679,4) y Reino Unido (657,6), lo que evidencia unas IMD y unas relacio-

nes intensidad/capacidad muy inferiores en España que en los 4 países citados, y en general que en resto de los países analizados, donde la densidad de población es mayor que la española.

En sentido contrario, la tasa anual acumulativa es más elevada en España (2,43 %) y Portugal (3,04 %) que en el resto de los países analizados, lo que es una consecuencia lógica, entre otras causas, de los distintos incrementos anuales de las carreteras de gran capacidad en los países analizados, comentados anteriormente.

La participación de la demanda de viajeros por carretera respecto al total terrestre alcanzó en España, en 2015, un 92 %, que junto a Portugal (95 %) e Italia (93 %) suponen las cifras más elevadas. Sin embargo, esta participación es del mismo orden de magnitud que el conjunto de los 11 países analizados (91 %) y que el conjunto EU-28 (91 %).

En la tabla 6 se recoge la evolución de la demanda de viajeros en ferrocarril en los 11 países analizados durante el periodo 1990 a 2015. Se deduce que, a pesar de la red de alta velocidad, la demanda española en 2015 fue muy inferior (26,7 miles de millones de v-km)

a la de Alemania (91,3), Francia (89,1), Italia (52,2) y Reino Unido (66,4), debido a la menor longitud de la red española y a los menores grados de utilización de la infraestructura ferroviaria, lo que a su vez es consecuencia de la menor densidad de población española.

Asimismo, interesa destacar que la demanda anterior recoge a los tráficos de Cercanías, que en España (red Renfe) se elevan al 86 % del total de viajeros, pero que medido en v-km sólo alcanzan el 31 % del total de la demanda (7,7 miles de millones de v-km). No se publican datos desagregados de la demanda ferroviaria de Cercanías, pero se puede estimar que las Cercanías ferroviarias de las áreas metropolitanas de Londres y París superan con creces, cada una de ellas, la demanda conjunta de las Cercanías ferroviarias de las áreas metropolitanas de Madrid y Barcelona y posiblemente de las Cercanías totales españolas. No ocurre lo mismo en las áreas metropolitanas de Roma y Berlín, con cifras del mismo orden de magnitud que el área metropolitana de Madrid. En definitiva, se pone de manifiesto que una parte de la demanda tan elevada de Francia y Reino Unido, cifrada anteriormente, procede de los tráficos de Cercanías.

	1990	2000	2010	2015	Incremento anual 2015/1990 (%)	Part FC+C 2015 (%)
Austria	55,7	66,7	73,5	78,3	1,37 %	87 %
Bélgica	89,5	102,5	109,4	107,1	0,72 %	91 %
Alemania	683,1	831,3	887	928,3	1,23 %	91 %
Dinamarca	47,2	50,6	51,7	56,5	0,72 %	90 %
España	174,4	302,6	341,6	317,6	2,43 %	92 %
Francia	592,5	687,7	695,9	724,1	0,81 %	89 %
Italia	522,6	713,9	694,8	679,4	1,06 %	93 %
Holanda	137,3	141,1	144,2	139,3	0,06 %	89 %
Portugal	40,0	71,0	83,7	84,5	3,04 %	95 %
Suecia	85,9	103,7	108,0	111,9	1,06 %	90 %
Reino Unido	588,0	638,6	644,0	657,6	0,45 %	91 %
Total	3016,2	3709,7	3833,8	3884,6	1,02 %	91 %
Eu-28	3904,4	4300,9	4625,0	4719,4	0,76 %	91 %

Fuente: Eurostat y elaboración propia

Tabla 5_ Evolución demanda coches (miles de millones de v-km)

	1990	2000	2010	2015	Incremento anual 2015/1990 (%)	Part FC+C 2015 (%)
Austria	8,9	8,7	10,3	12,1	1,24 %	13 %
Bélgica	6,5	7,7	10,6	10,3	1,86 %	9 %
Alemania	61	75,4	83,9	91,3	1,63 %	9 %
Dinamarca	5,1	5,5	6,3	6,5	0,97 %	10 %
España	16,5	20,1	22,3	26,7	1,94 %	8 %
Francia	63,7	69,4	85,6	89,1	1,35 %	11 %
Italia	44,7	49,6	47,2	52,2	0,62 %	7 %
Holanda	11,1	14,7	16,9	17,5	1,84 %	11 %
Portugal	5,7	4,0	4,1	4,0	-1,41 %	5 %
Suecia	6,6	8,2	11,2	12,7	2,65 %	10 %
Reino Unido	33,4	38,4	55,8	66,4	2,79 %	9 %
Total	263,2	301,7	354,2	388,8	1,57 %	9 %
Eu-28	404,1	371,5	406,8	441,9	0,36 %	9 %

Fuente: Eurostat y elaboración propia

Tabla 6_ Evolución demanda ferrocarril (miles de millones de v-km)

	1990	2000	2010	2015	Incremento anual 2015/1990 (%)	Part FC+C 2015 (%)
Austria	---	---	37,9	40,5	1,34 %	67 %
Bélgica	---	---	45,6	47,7	0,90 %	87 %
Alemania	---	---	404,9	432,4	1,32 %	79 %
Dinamarca	---	---	17,2	19,1	2,12 %	89 %
España	---	---	184,4	178,0	-0,70 %	94 %
Francia	---	---	275,1	250,5	-1,86 %	88 %
Italia	---	---	183,6	133,9	-6,12 %	87 %
Holanda	---	---	49,2	51,5	0,92 %	89 %
Portugal	---	---	18,9	16,3	-2,92 %	86 %
Suecia	---	---	42,4	49,4	3,10 %	71 %
Reino Unido	---	---	151,5	166,0	1,84 %	88 %
Total	---	---	1.410,7	1.385,3	-0,36 %	84 %
Eu-28	---	---	1.709,8	1.722,3	0,15 %	80 %

Fuente: Eurostat y elaboración propia

Tabla 7_ Evolución demanda carretera (miles de millones de t-km)¹

El incremento anual acumulativo se elevó en España hasta el 1,94 %, consecuencia de la entrada en servicio de la red de alta velocidad. Sin embargo, esta cifra es del mismo orden de magnitud que la del total de los 11 países analizados (1,57 %), pero muy superior a la del conjunto EU-28 (0,36 %) y a la de Portugal, donde se registró una tasa negativa (-1,41 %).

La participación de la demanda de viajeros por ferrocarril respecto al total terrestre alcanzó en España, en 2015, un 8 %, que junto a Portugal (5 %) e Italia (7 %) suponen las cifras más bajas.

En la tabla 7 se recoge la evolución de la demanda de mercancías por carretera en los 11 países analizados durante el periodo 2010 a 2015. En el caso de España, las cifras recogidas en la tabla de referencia son bastante interiores a las publicadas por el Ministerio de Fomento, posiblemente porque procedan de otra fuente. No obstante, a los efectos de comparación con otros países se consideran válidas. Se deduce que, en 2015, se alcanzaron unos 178 miles de millones de t-km en España, que es muy inferior a las cifras registradas en Alemania (432,4) y Francia (250,5).

Los incrementos anuales acumulativos durante el periodo 2010 a 2015 son positivos en Austria, Bélgica, Alemania, Dinamarca, Holanda, Suecia y Reino Unido, mientras que son negativos en el resto de los países analizados, incluida España (-0,70 %), posiblemente por la crisis económica iniciada en 2007, y cuyos efectos, todavía se están manifestando.

No obstante, la participación del transporte por carretera de mercancías supone, en España, la cifra más elevada (94 %), con gran diferencia sobre el resto de los países analizados (84 %) y total EU-28 (80 %), lo que puede deberse a la tardía industrialización española, que se basó, fundamentalmente, en el transporte por carretera en detrimento del ferrocarril, así como en la diferente estructura de la demanda total terrestre de mercancías en los distintos países: las empresas más grandes, con grandes volúmenes unitarios de envío y, por tanto, con origen y destino las derivaciones particulares se localizan en Francia y, especialmente, en Alemania. En estas condiciones el transporte ferroviario de mercancías se demuestra más competitivo que el transporte por carretera, según se ha comentado en el apartado primero.

Esta afirmación se cuantifica en la tabla 8, donde se recoge la evolución de la demanda de mercancías por ferrocarril en los 11 países analizados durante el periodo 1990 a 2015: mientras que la demanda en España alcanzó 10,8 miles de millones de t-km en 2015, en Alemania se elevó a unos sorprendentes 116,6 miles de millones de t-km y en Francia a 34,3. La elevadísima demanda en Alemania se debe a la elevada longitud de su red ferroviaria, a la existencia de tráficos de mercancías en su red ferroviaria de alta velocidad, así como a la estructura empresarial, comentada anteriormente.

Respecto a la evolución, los tráficos en España se estabilizaron (incremento anual acumulativo del 0,04 %) durante el periodo 1990 a 2015. En el resto de los países los incrementos son más positivos, excepto en Bélgica y Francia donde disminuyeron. En el conjunto EUR-28, la disminución fue del -0,92 %.

Se observa que la participación del ferrocarril respecto al total terrestre es muy pequeña en España (6 %), mientras que en Alemania alcanza el 21 %, en Austria el 33 %, en Suecia el 29 % y en el conjunto EU-28 el 20 %.

	1990	2000	2010	2015	Incremento anual 2015/1990 (%)	Part FC+C 2015 (%)
Austria	12,2	16,6	19,8	20,3	2,06 %	33 %
Bélgica	8,4	7,7	7,5	7,3	-0,56 %	13 %
Alemania	101,7	82,7	107,3	116,6	0,55 %	21 %
Dinamarca	1,7	2,0	2,2	2,3	1,22 %	11 %
España	10,7	11,6	8,9	10,8	0,04 %	6 %
Francia	52,2	57,7	30,0	34,3	-1,67 %	12 %
Italia	19,4	22,8	18,6	20,8	0,28 %	13 %
Holanda	3,1	4,5	5,9	6,5	3,01 %	11 %
Portugal	1,5	2,2	2,3	2,7	2,38 %	14 %
Suecia	19,1	19,5	23,5	20,6	0,30 %	29 %
Reino Unido	16,0	18,1	18,6	22,0	1,28 %	12 %
Total	246	245,4	244,6	264,2	0,29 %	16 %
Eu-28	526,3	405,5	393,5	417,5	-0,92 %	20 %

Fuente: Eurostat y elaboración propia

Tabla 8_ Evolución demanda ferrocarril (miles de millones de t-km)¹

En definitiva, se deduce una participación relativa superior del transporte por carretera (viajeros y mercancías) en España frente a los otros países comunitarios en el ámbito de los transportes terrestres.

5 Comparación y evolución de las inversiones en las infraestructuras de transporte terrestre

En la tabla 9 se recoge la evolución de las inversiones anuales en carreteras en los países de referencia durante el periodo 2007 a 2014. Se deduce que, durante el periodo de referencia, la media anual de inversiones en carreteras se elevó a unos 6.670 millones de € anuales, equivalente al 0,62 % del PIB español. Esta cifra es similar a la del Reino Unido e Italia, pero es muy inferior a la de Francia (12.052) y a la de Alemania (11.562), por lo que de seguir esta tendencia se prevé que estos dos

países superen pronto a España en la dotación de carreteras de gran capacidad. No obstante, si comparamos las inversiones en carreteras con el PIB, España ocupa el primer lugar, seguida de Portugal (0,57 % del PIB) y de Francia (0,55 % del PIB).

Respecto a la evolución de las inversiones en carreteras, se observa que Alemania, Francia y Reino Unido presentan una tendencia estable, mientras que en otros países, entre los que se encuentra España, la tendencia ha sido fuertemente decreciente: las inversiones en 2014 fueron menos de la mitad de las de 2009, consecuencia lógica del deterioro del déficit público español. En estas condiciones, se puede afirmar que en España han existido dos subperiodos: entre 2007 y 2010 la media anual se elevó a 8.467 millones de € (0,79 % del PIB), mientras que entre 2011 y 2014 la inversión sólo alcanzó unos 4.873 millones de € de

media anual (0,45 % del PIB). Para intentar paliar este descenso tan brusco se ha aprobado recientemente (2017) un plan extraordinario de inversión en carreteras, que prevé una inversión total de unos 5.000 millones de € en dos años.

En la tabla 10 se recoge la evolución de las inversiones anuales en ferrocarriles, (en España ejecutados por Adif), en los países de referencia durante el periodo 2007 a 2014. Se deduce que, durante el periodo de referencia, la media anual de inversiones en ferrocarriles se elevó a unos 6.547 millones de € anuales, equivalente al 0,61 % del PIB español. Esta cifra es similar a la comentada anteriormente para carreteras, a la del Reino Unido (6.762) y Francia (6.856), pero muy superior a la de Alemania (3.927) y a la del resto de los países analizados. Obviamente, las inversiones se han centrado, básicamente, en el desarrollo de la red de alta velocidad.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Media anual	% del PIB
Austria	870	875	665	390	303	327	363	453	531	0
Bélgica	166	156	175	348	248	553	587	417	331	0
Alemania	10.845	11.410	12.620	11.240	11.340	11.530	11.730	11.780	11.562	0
Dinamarca	1.029	936	714	937	1.052	1.324	1.047	1.102	1.018	0
España	8.073	8.522	9.422	7.851	5.266	5.316	4.646	4.266	6.670	0
Francia	12.489	12.623	12.648	11.942	11.876	12.006	12.093	10.735	12.052	0
Italia	13.664	13.051	5.641	3.389	4.129	3.107	2.841	---	6.546	0
Holanda	1.680	2.149	2.363	2.300	2.287	---	---	---	2.156	0
Portugal	1.453	1.366	951	1.511	1.400	274	211	---	1.024	0
Suecia	1.423	1.604	1.574	1.668	1.911	2.213	2.013	1.869	1.784	0
Reino Unido	6.202	6.038	6.568	6.486	5.566	5.560	6.030	7.720	6.271	0
Total	57.894	58.730	53.341	48.062	45.378	---	---	---	52.681	0
Eu-28	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Fuente: Eurostat y elaboración propia

Tabla 9_ Evolución inversiones carretera (millones de €)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Media anual	% del PIB
Austria	1.505	1.683	2.062	1.936	2.143	1.688	1.648	1.567	1.779	0,52 %
Bélgica	1.009	1.223	1.223	1.078	1.076	1.178	1.091	1.073	1.119	0,27 %
Alemania	3.836	3.816	3.412	3.807	4.086	3.830	4.212	4.420	3.927	0,13 %
Dinamarca	232	373	357	396	863	916	926	1.159	653	0,24 %
España	8.345	8.981	8.722	7.669	7.553	5.350	2.710	3.042	6.547	0,61 %
Francia	4.505	5.119	5.047	4.915	7.004	8.100	10.546	9.610	6.856	0,31 %
Italia	7.702	7.109	5.687	4.773	4.466	4.238	4.103	---	5.440	0,33 %
Holanda	845	820	778	1.097	1.136	---	---	---	935	0,14 %
Portugal	329	392	360	403	333	86	71	120	262	0,15 %
Suecia	1.253	1.319	1.319	1.434	1.400	1.330	1.104	1.187	1.293	0,29 %
Reino Unido	7.733	7.644	6.408	6.339	6.110	6.252	5.722	7.890	6.762	0,26 %
Total	37.294	38.479	35.375	33.847	36.170	---	---	---	36.233	0,28 %
Eu-28	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----

Fuente: Eurostat y elaboración propia

Tabla 10_ Evolución inversiones ferrocarril (millones de €)

Respecto a la evolución de las inversiones en ferrocarriles, se observa que Alemania y Reino Unido presentan una tendencia estable, mientras que en otros países, entre los que se encuentra España, la tendencia ha sido fuertemente decreciente: las inversiones en 2014 fueron mucho menos de la mitad de las de 2008, consecuencia lógica del deterioro del déficit público español. En estas condiciones, se puede afirmar que en España han existido dos subperiodos: entre 2007 y 2011 la media anual se elevó a 8.254 millones de € (0,77 % del PIB), mientras que entre 2012 y 2014 la inversión sólo alcanzó unos 3700 millones de € de media anual (0,34 % del PIB). En sentido contrario destaca Francia, que ha más que duplicado las inversiones ferroviarias: 4.505 millones de € en 2007 versus 9.610 millones de € en 2014. De seguir esta tendencia, se prevé que Francia supere pronto a España en la longitud de la red de alta velocidad.

En la tabla 11 se recoge la evolución de las inversiones anuales en carreteras y ferrocarriles. No conviene extenderse en este apartado, puesto que ya se han comentado de forma desagregada para ferrocarriles y carreteras: la inversión total en infraestructura terrestre en España se elevó a una media anual de unos 13.217 millones de € (1,23 % del PIB). La participación respecto al PIB es la más elevada de todos los países, pero en valores absolutos Francia (18.907) y Alemania (15.489) presentan cifras más elevadas, mientras que es muy similar a la del Reino Unido (13.034). Obviamente, la tendencia en España ha sido fuertemente decreciente, si bien existen dos subperiodos claramente diferenciados: entre 2007 y 2011 la inversión media anual se elevó a unos 16.080 millones de € (1,50 % del PIB), mientras que entre 2012 y 2014 la inversión media anual se elevó a unos 8.443 millones de € (0,78 % del PIB).

Las inversiones en infraestructura terrestre en España se han cofinanciado

en los últimos años mediante fondos comunitarios de la UE (Feder y Cohesión, así como redes transeuropeas). Adicionalmente, las inversiones en ferrocarriles se están financiando, fundamentalmente, mediante el canon ferroviario satisfecho por Renfe y préstamos del Banco Europeo de Inversiones.

Recientemente (2017) se ha aprobado el Plan Financiero de Accesibilidad Terrestre Portuaria, con el fin de invertir en los accesos viarios y especialmente en los ferroviarios, puesto que en los puertos se mueven grandes volúmenes de mercancías de graneles sólidos, graneles líquidos y mercancía general (contenedores), que son los más adecuados para el transporte ferroviario. Se evitarán así los movimientos ferroviarios de maniobras, retrocesos, etc, generadores de pérdidas de tiempo e incremento de costes de operación ferroviarios. La dotación finalista de estas inversiones se eleva a unos 1.400 millones de €, de los que un 94 % estarán dedicados al ferrocarril.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Media anual	% del PIB
Austria	2.375	2.558	2.727	2.326	2.446	2.015	2.011	2.020	2.310	0
Bélgica	1.175	1.379	1.398	1.426	1.324	1.731	1.678	1.490	1.450	0
Alemania	14.681	15.226	16.032	15.047	15.426	15.360	15.942	16.200	15.489	0
Dinamarca	1.261	1.309	1.071	1.333	1.915	2.240	1.973	2.261	1.670	0
España	16.418	17.503	18.144	15.520	12.819	10.666	7.356	7.308	13.217	0
Francia	16.994	17.742	17.695	16.857	18.880	20.106	22.639	20.345	18.907	0
Italia	21.366	20.160	11.328	8.162	8.595	7.345	6.944	---	11.986	0
Holanda	2.525	2.969	3.141	3.397	3.423	---	---	---	3.091	0
Portugal	1.782	1.758	1.311	1.914	1.733	360	282	---	1.306	0
Suecia	2.676	2.923	2.893	3.102	3.311	3.543	3.117	3.056	3.078	0
Reino Unido	13.935	13.682	12.976	12.825	11.676	11.812	11.752	15.610	13.034	0
Total	95.188	97.209	88.716	81.909	81.548	---	---	---	88.914	0
Eu-28	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----

Fuente: Eurostat y elaboración propia

Tabla 11_ Evolución inversiones carreteras y ferrocarril (millones de €)

6 Comparación de los principales ratios de infraestructura terrestre

En la tabla 12 se recogen los principales ratios comparativos de la infraestructura terrestre en las países analizados. Obviamente, si comparamos la longitud de los distintos tipos de infraestructura terrestre (carreteras de gran capacidad, ferrocarriles de alta velocidad y ferrocarriles totales) con la población y la renta se obtienen en España mejores ratios que si los comparamos con la superficie. Así, España obtiene las cifras más altas de todos los países analizados y EU-28 en carreteras de gran capacidad y ferrocarriles de alta velocidad (no en longitud de ferrocarriles totales) en el caso de la población y de la renta. Sin embargo, si comparamos la longitud con la superficie, España es superada por muchos países, excepto en los ferrocarriles de alta velocidad (5,7), donde sólo es superada por Bélgica (6,9).

En definitiva, España presenta unos excelentes resultados en dotación de carreteras de gran capacidad y ferrocarriles de alta velocidad y unos malos resultados en dotación de la longitud total de ferrocarriles, a pesar de contar con la más extensa red de alta velocidad de Europa.

En la tabla 13 se recoge la evolución de la intensidad de uso (v-km+t-km)/km del ferrocarril en los 11 países analizados y total EU-28. Se deduce que las vías ferroviarias españolas tienen una intensidad de tráfico medio (2,30) bastante inferior a la media comunitaria (3,94) y especialmente respecto a Holanda (7,85), Austria (6,56), Reino Unido (5,45) y Alemania (5,35). En los últimos 25 años la tendencia ha sido creciente, consecuencia de la entrada en servicio de la red de alta velocidad, en la que se han alcanzado las siguientes cifras, a pesar de no tener tráfico de mercancías: corredor sur (5,34 millones de v-km/km), corredor noreste (5,50) y corredor este (2,22).

En definitiva, se puede concluir que España presenta bajas intensidades de tráfico en relación con su capacidad tanto en ferrocarriles (grados de utilización) como en carreteras (relaciones intensidad/capacidad), consecuencia lógica de la baja densidad de población española, y en el caso del transporte de mercancías por ferrocarril consecuencia de un tejido productivo donde predominan las empresas pequeñas, al contrario que otros países de Europa central (en especial Alemania), donde predominan las empresas grandes.

7 Conclusiones

En España la evolución de la longitud de las carreteras de gran capacidad (autopistas y autovías) ha sido extraordinariamente positiva en los últimos 25 años: de 4.596 km en 1990 se ha pasado a 15.336 km en 2015 (España es el país

	100.000 hab.			Longitud por cada			PIB (10 ⁹ euros)		
	Carr. Gr Cap	Ferr. Alta Vel	Ferr. Total	1.000 km ²			Carr. Gr Cap	Ferr. Alta Vel	Ferr. Total
				Carr. Gr Cap	Ferr. Alta Vel	Ferr. Total			
Austria	19,8	0,6	56,8	20,5	0,6	58,8	5,1	0,1	14,5
Bélgica	15,6	1,8	31,9	57,8	6,9	118,3	4,3	0,5	8,8
Alemania	15,8	1,8	47,2	36,4	4,1	108,7	4,3	0,5	12,8
Dinamarca	21,7	0,0	44,7	28,7	0,0	59,2	4,6	0,0	9,4
España	33,0	6,2	35,1	30,3	5,7	32,2	14,3	2,7	15,2
Francia	17,4	3,0	43,1	18,3	3,2	45,4	5,3	0,9	13,2
Italia	11,4	1,5	28,1	23,0	3,1	56,6	4,2	0,6	10,4
Holanda	16,2	0,7	18,0	66,4	2,9	73,7	4,1	0,2	4,5
Portugal	29,6	0,0	24,6	33,3	0,0	27,6	17,1	0,0	14,2
Suecia	21,5	0,0	110,7	4,7	0,0	24,2	4,7	0,0	24,4
Reino Unido	5,8	0,2	24,8	15,5	0,5	66,5	1,5	0,0	6,3
Total	16,5	2,0	37,7	22,7	2,8	52,0	4,9	0,6	11,3
Eu-28	14,9	1,6	42,8	17,0	1,8	48,8	5,2	0,5	14,8

Fuente: Eurostat y elaboración propia

Tabla 12_ Principales ratios carreteras gran capacidad, ferrocarriles alta velocidad y ferrocarriles total. Año 2015

	1990	2000	2010	2015
Austria	3,75	4,47	5,97	6,56
Bélgica	4,28	4,44	5,05	4,88
Alemania	3,32	4,32	5,67	5,35
Dinamarca	2,85	2,69	3,26	3,45
España	1,87	2,21	1,97	2,30
Francia	3,40	4,34	3,92	4,29
Italia	3,99	4,47	3,87	4,28
Holanda	5,09	6,85	7,57	7,85
Portugal	2,35	2,20	2,25	2,63
Suecia	2,30	2,51	3,11	3,05
Reino Unido	2,92	3,31	4,60	5,45
Total	3,20	3,85	4,26	4,51
Eu-28	3,91	3,52	3,71	3,94

Fuente: Eurostat y elaboración propia

Tabla 13_ Intensidad de uso (millones de v-km+t-km)/km del ferrocarril

europeo que cuenta con mayor longitud de carreteras de gran capacidad), lo que supone un incremento anual acumulativo del 4,94 % y en términos absolutos representa la entrada en servicio de 430 km anuales: esta cifra es del mismo orden de magnitud que las entradas anuales en servicio en el conjunto de los otros 9 países analizados, excluido Portugal. Además interesa resaltar que esta evolución se ha debido fundamentalmente a la entrada en servicio de nuevas autovías: en 1990 las autovías sólo suponían el 45 % de las carreteras de gran capacidad, mientras que en 2015 las autovías se elevaban al 80 % del total, lo que en términos absolutos equivale a 12.296 km frente a 3.040 km de autopistas

El modelo de las autopistas de peaje de coches y camiones se ha seguido tradicional e históricamente en los países mediterráneos (Francia, Italia, Portugal y España), si bien una característica esencial de los dos últimos es que el régimen de concesión ha sido privado, mientras que en los dos primeros ha sido público. En los últimos años, en casi todos los países analizados se han establecido peajes en las autovías para los camiones y en los países del este de la UE para los coches.

España cuenta con una red reducida de líneas ferroviarias (16.313 km), especialmente si se compara con Alemania (38.828 km) y Francia (28.765 km). Al igual que en las carreteras de gran capacidad, España es el país europeo que cuenta con mayor dotación de líneas ferroviarias de alta velocidad: 2.871 km frente a 2.036 de Francia y 1.475 km de Alemania (en este último país las líneas desarrolladas son de tráfico mixto).

Respecto a la tarificación de la infraestructura ferroviaria convencional y de alta velocidad, las directivas comunitarias implican el establecimiento de unos cánones, consecuencia de la gradual liberalización de los servicios ferroviarios: las tarifas varían bastante entre los diferentes países europeos, puesto que

en algunos se ha seguido el criterio de tarificación al coste marginal (Suecia) y en otros se ha seguido el criterio de costes medios o de recuperación de los costes totales e incluso la privatización (Reino Unido).

La participación de la demanda de viajeros por carretera respecto al total terrestre alcanzó en España un 92 %, que junto a Portugal (95 %) e Italia (93 %) suponen las cifras más elevadas. Sin embargo, esta participación es del mismo orden de magnitud que el conjunto de los 11 países analizados (91 %) y que el conjunto EU-28 (91 %). La participación de la demanda ferroviaria de mercancías respecto al total terrestre es muy pequeña en España (6 %), respecto a Alemania (21 %), Austria (33 %), Suecia (29 %) y en el conjunto EU-28 (20 %).

En definitiva, se deduce una participación relativa superior del transporte por carretera (viajeros y mercancías) en España frente a los otros países comunitarios en el ámbito de los transportes terrestres.

Obviamente, si comparamos la longitud de los distintos tipos de infraestructura terrestre (carreteras de gran capacidad, ferrocarriles de alta velocidad y ferrocarriles totales) con la población y la renta se obtienen en España mejores ratios que si los comparamos con la superficie. Así, España obtiene las cifras más altas de todos los países analizados y EU-28 en carreteras de gran capacidad y ferrocarriles de alta velocidad (no en longitud de ferrocarriles totales) en el caso de la población y de la renta. Sin embargo, si comparamos la longitud con la superficie, España es superada por muchos países, excepto en los ferrocarriles de alta velocidad (5,7), donde sólo es superada por Bélgica (6,9).

En definitiva, España presenta unos excelentes resultados en dotación de carreteras de gran capacidad y ferrocarriles de alta velocidad y unos malos resultados en dotación de la longitud total

de ferrocarriles, a pesar de contar con la más extensa red de alta velocidad de Europa.

Respecto a la intensidad de uso (millones de v-km+t-km)/km de ferrocarril en los 11 países analizados y total EU-28, se deduce que las vías ferroviarias españolas tienen una intensidad de tráfico medio (2,30) bastante inferior a la media comunitaria (3,94) y especialmente respecto a Holanda (7,85), Austria (6,56), Reino Unido (5,45) y Alemania (5,35). En los últimos 25 años la tendencia ha sido creciente, consecuencia de la entrada en servicio de la red de alta velocidad, en la que se han alcanzado las siguientes cifras, a pesar de no tener tráfico de mercancías: corredor sur (5,34 millones de v-km/km), corredor noreste (5,50) y corredor este (2,22).

En definitiva, se puede concluir que España presenta bajas intensidades de tráfico en relación con su capacidad tanto en ferrocarriles (grados de utilización) como en carreteras (ratios intensidad/capacidad), consecuencia lógica de la baja densidad de población española, y en el caso del transporte de mercancías por ferrocarril consecuencia de un tejido productivo donde predominan las empresas pequeñas, al contrario que otros países de Europa central (en especial Alemania), donde predominan las empresas grandes.

La inversión total en infraestructura terrestre en España se elevó a una media anual de unos 13.217 millones de € (1,23 % del PIB). La participación respecto al PIB es la más elevada de todos los países, pero en valores absolutos Francia (18.907) y Alemania (15.489) presentan cifras más elevadas, mientras que es muy similar a la del Reino Unido (13.034). Obviamente, la tendencia en España ha sido fuertemente decreciente, debido a la necesidad de reducción del déficit público, si bien existen dos subperiodos claramente diferenciados: entre 2007 y 2011 la inversión media anual se elevó a unos 16.080 millones de € (1,50 % del PIB), mientras que

entre 2012 y 2014 la inversión media anual se elevó a unos 8.443 millones de € (0,78 % del PIB). Para intentar paliar este descenso tan brusco se ha aprobado recientemente (2017) un plan extraordinario de inversión en carreteras, que prevé una licitación total de unos 5.000 millones de € en dos años.

Las inversiones en infraestructura terrestre en España se han cofinanciado en los últimos años mediante fondos comunitarios de la UE (Feder y Cohesión, así como redes transeuropeas). Adicionalmente, las inversiones en ferrocarriles se están financiando, fundamentalmente, mediante el canon ferroviario satisfecho por Renfe y préstamos del Banco Europeo de Inversiones.

Las inversiones en infraestructura terrestre (carreteras y ferrocarriles) dependen de la política económica general, que, en los últimos años, ha estado fuertemente condicionada por el déficit público. Es difícil estimar la participación de las inversiones en infraestructura terrestre en España respecto al PIB, pero una cifra comprendida entre el 0,85 % y el 1 % parece razonable, teniendo en cuenta todos los factores comentados en este informe y, especialmente, la dotación de infraestructuras terrestres alcanzada por España en 2015. 📍





Parte III

CIENCIA Y TÉCNICA

Comparación de procedimientos administrativos

empleados en obras ejecutadas por el sector público y el sector privado

JAIME
Cárdenas
Gil

Arquitecto.
Gerente Gemsas S.A.S. Colombia

M. FERNANDA
Serrano
Guzmán

Ph.D. Ingeniería Civil.
Profesor Ingeniería Civil, Pontificia
Universidad Javeriana (Cali, Colombia)

DIEGO DARÍO
Pérez Ruiz

Ph.D. Ingeniería Civil, Profesor
Ingeniería Civil, Pontificia Universidad
Javeriana (Cali, Colombia)

RESUMEN

Los proyectos de construcción son administrados bajo diferentes esquemas de control que le facilitan al ejecutor las labores de supervisión durante las etapas de planeación, diseño, ejecución y en la entrega, puesta en operación y cierre de las obras. Existen diferentes estrategias administrativas empleadas en obras ejecutadas por el sector privado que pueden ser implementadas en el sector público para mejorar procesos técnicos y administrativos de manera que se logre la culminación de los proyectos en las condiciones económico-temporales pactadas. En este trabajo se comparan algunos proyectos ejecutados en el sector público y privado en Colombia y se señalan las acciones administrativas implementadas como planeación estratégica, mejoramiento continuo, reingeniería, justo a tiempo, benchmarking y outsourcing, así como también, se resaltan las lecciones aprendidas en cada caso. El estudio enfatiza sobre la importancia de implementar un sistema de calidad para el control de los proyectos en las diferentes etapas del ciclo de vida en ambos sectores.

PALABRAS CLAVE

Construcción, administración, planificación, obras públicas

ABSTRACT

Building projects are administered under different control arrangements to allow the agent to perform supervisory duties during the planning, design, construction and delivery, start-up and completion stages. Different administrative strategies are employed in works performed by the private sector that may be implemented in the public sector to improve technical and administrative processes and ensure the culmination of projects under agreed economic-time conditions. This article compares a number of projects performed in the public and private sector in Colombia and indicates the administrative actions that have been implemented, such as strategic planning, continuous improvement, just-in-time strategies, benchmarking and outsourcing, and underlines the lessons that have been learned in each case. The study emphasises the importance of implementing a quality system for project control over the different life-cycle stages in both sectors.

KEYWORDS

Construction, administration, planning, public works

1

Introducción

El sector de la construcción dinamiza la economía en muchos países. Particularmente, este sector ha aportado al Producto Interno Bruto nacional de Colombia hasta un 9,4% (Ortega Burgos & Rueda Gallar, 2017) mediante la producción de productos, bienes y servicios que son gestionados por el sector público o por el sector privado o por una alianza entre estos y que finalmente quedan al disfrute de la comunidad en donde se ofrecen. En términos generales, la gestión de cualquier proyecto implica un proceso de administración que abarca las etapas de planeación, organización, dirección y control (Guerrero, 2003). La planeación propicia el desarrollo de la empresa, reduce al máximo los riesgos y maximiza el aprovechamiento de los recursos y tiempo (Evans y Linsay, 2008). En cuanto a la organización, ésta comprende la creación de jerarquías para el control, coordinación, dirección y división del trabajo que se realiza en la organización (Galindo, 2005). La dirección, por su parte, consiste en gestionar los diversos recursos productivos de la empresa con capacidad para toma de decisiones en momento de crisis (Crespo y López, 2003). Finalmente, el control es una herramienta transversal que vela por la calidad, la cantidad, el costo y el tiempo.

Sin lugar a dudas, cada empresa selecciona el estilo administrativo que responde a sus particularidades, razón por la cual se encuentran diferentes visiones que abarcan modelos tradicionales como la planeación estratégica hasta modelos integrados de gestión empresarial. Por tal razón, para realizar un cambio de un proceso administrativo o productivo se debe considerar el entorno (AbdEllatif, Farhan, & shehata, 2017; Liu, van Nederveen, & Hertogh, 2017), aprovechar y mejorar lo que se está haciendo (Love & Gunasekaran, 1997) y aprender de las buenas prácticas de otros (Cheng, Tsai, & Sutan, 2009).

Con la Planeación Estratégica, por ejemplo, se espera plantear las estrategias a corto, mediano y largo plazo que le permitan a la empresa o negocio mantenerse en el mercado venciendo las amenazas y oportunidades del entorno (Mariño Ibañez, Cortés Aldana, & Garzón Ruiz, 2008). Entre tanto, el Programa de Calidad busca el cumplimiento de especificaciones técnicas, productivas y de servicio, eliminando todo aquello que entorpece el desarrollo de cada proceso (Lozano Cortijo, 1998). Justamente, la incorporación del Programa de Calidad de manera permanente e integrada conlleva al Mejoramiento Continuo al interior de la organización con el cual se logra satisfacer los requisitos de los clientes comprendiendo las necesidades actuales y futuras, mediante la implementación de un sistema de gestión documentado y de ser necesario con asesoramiento externo (García P., Quispe A., & Ráez G., 2003).

Justo a tiempo (Just in Time) y reingeniería, por su parte, pueden surgir como una acción correctiva identificada en cualquiera de los modelos anteriormente mencionados. La filosofía administrativa del Just in Time lo que busca es la reducción del tamaño del almacén en la obra y la liberación de los patios de maniobra propiciando que los insumos, incluyendo materiales, mano de obra y equipo, estén en la obra en el momento en que se necesiten (Reyes Ponce, 2007). En cuanto a la reingeniería, son cambios drásticos que pueden requerirse para mejorar productividad y aumentar o mantener la competitividad, lo cual puede notificarse a la alta gerencia de la organización mediante la técnica del Dashboard (Calvin y Fischer, 2004).

Por otro lado, con el Benchmarking se identifican las prácticas de los competidores más fuertes (de Abreu y otros, 2006) de aquellas empresas reconocidas como líderes (Petrovic, Bojkovic, Stamenkovic y Anic, 2018) para aprender de sus éxitos y sus fracasos. Y, con el empoderamiento (empowerment) se dirimen conflictos, se plantean metas de producción exigentes pero con incentivos por logros, situación que se establece con alianzas con los responsables de la producción (Walvoord y otros, 2008) o de los clientes (Moore, 2016). Falta mencionar el outsourcing con el cual se contrata un proveedor externo para que desarrolle una actividad (Espino Rodríguez, 2003).

La combinación de las estrategias administrativas mencionadas permite evolucionar hacia esquemas gerenciales más elaborados y complejos con los cuales se aporte cada vez más a la competitividad y productividad de la empresa (Reyes Ponce, Agustin 2007). El objetivo central de esta investigación es comparar los aspectos administrativos tomados en consideración en proyectos ejecutados por el sector público y el sector privado, centrando el estudio en algunas obras ejecutadas en municipios de Colombia. Los resultados de este trabajo señalan que herramientas de control como el Plan de pruebas y el Plan Integral de Gestión de Obras deberían exigirse en los proyectos de obra pública para garantizar el cumplimiento de tiempos y presupuestos según las condiciones pactadas por la entidad contratante.

2

Metodología seguida en el estudio

Este estudio de tipo exploratorio, descriptivo y comparativo presenta mecanismos de gestión y administración de proyectos de construcción y los resultados obtenidos en la implementación de éstos en la empresa privada. Posteriormente, analiza proyectos de similar objeto contractual administrados, financiados y ejecutados, por el sector gubernamental. Finalmente, se comparan aspectos administrativos de ambos sectores, señalando las dificultades que se presentan en los esquemas gerenciales de ambas partes.

3

Resultados. Hallazgos relevantes

Las empresas constructoras emplean diferentes esquemas administrativos y sus propias estrategias constructivas para cumplir el objeto contractual pactado con los clientes. El conocimiento de las buenas prácticas gerenciales adelantadas en obras ejecutadas para el sector público y el sector privado aporta juicios para la toma de decisiones hacia un cambio al interior de la organización que ejecuta las obras, así como también, para el ente gubernamental o privado que las financia. Algunos ejemplos de las lecciones aprendidas en obras ejecutadas por la empresa privada para el sector público son:

- Planificación para la reubicación de la nueva ciudad de Belén en Loreto (Perú). Según (Chávez Eslava, 2016) el proceso seguido para dar respuesta a la nueva localización de esta comunidad es un ejemplo de las ventajas en diseños planificados en regiones afectadas por desastres naturales toda vez que estos diseños tengan la visión de áreas con potencial desarrollo y se considere la infraestructura necesaria que involucre además de las viviendas a ser reubicadas, otras instalaciones como escuelas, zonas recreativas, inclusive la plaza de mercado, entre otros.

- Normas y procedimientos constructivos en Barquisimeto (Arrieta de Bustillos, Andrade, & Saavedra, 2017) con los cuales se plantearon directrices de ordenamiento territorial para construcciones en ladera. En este caso, se involucró a la comunidad mediante capacitaciones sobre tipo de obras y materiales permitidos en laderas y se dieron orientaciones para evacuación de áreas inestables.

- Planeación logística y reconstrucción de Guapi (Serrano Guzmán y otros, 2017) al igual que en Chavez Eslava (2016), se demostró que una buena planificación permite la recuperación de zonas afectadas por desastres naturales. Así mismo, se muestra que la organización de la empresa privada permitió sacar adelante un proyecto en una zona de difícil acceso para el cual se aprobó un ajuste económico justificado por la complejidad logística para transporte de materiales y equipo, así como también para mantener la mano de obra calificada en este tipo de regiones. Solo de esta forma, el constructor pudo culminar su trabajo.

- Uso del diagrama causa-efecto para identificación de pérdidas económicas en proyectos de construcción de vivienda (Corredor Aguilera & Rojano Vergara, 2009). Esta herramienta infográfica permitió la comprensión de las actividades y la identificación de los causantes de las pérdidas en un proyecto masivo de construcción de viviendas.

- Uso de anclajes de punta para taludes en roca y anclajes de fricción en el suelo (Coronel Gutiérrez & Tavera Calderón, 2013). La descripción del procedimiento constructivo para estabilización de taludes es de utilidad para quienes adelantan este tipo de obras.

- Estrategias de control en la revegetalización de taludes (Bautista Urrutia & Páez Meza, 2012). En este caso se proponen unos instrumentos de control los cuales orientan al interventor a realizar inspección periódica en las áreas donde se adelantan los trabajos.

- Construcción de albergues metálicos como solución habitacional temporal (Cárdenas Dulcey, Segura Ibarra, & Rico Cañas, 2012). Este es un instructivo del procedimiento constructivo para ensamblar albergues en estructura metálica y los lineamientos de condiciones mínimas de servicios públicos para emplear este tipo de construcciones como soluciones temporales a la problemática de vivienda en caso de emergencias derivadas de desastres naturales.

La divulgación de los aciertos y desaciertos en este tipo de obras les sirve a los proponentes que participan en el sector público, para mejorar procesos constructivos y administrativos conducentes a un buen desempeño en proyectos similares. En la tabla 1 se resume la implementación de diferentes estrategias administrativas en proyectos de construcción ejecutados por la empresa privada en donde se incorporaron diferentes prácticas de tendencias administrativas que pudieran ser replicadas por el sector público.

En este caso, la planeación estratégica se realizó principalmente con la comercialización de las viviendas ya que en el momento del lanzamiento del proyecto se encontró una competencia fuerte que eran los proyectos de vivienda de interés prioritario para ahorradores (VIPA) que eran gratuitas (Cárdenas Gil, 2018). Como acción estratégica a corto plazo se mejoró el diseño arquitectónico para que el cliente se interesara por el proyecto que se estaba ofreciendo.

La reingeniería, por su parte, se empleó en el proyecto Santa Elena en donde se cambió el sistema de construcción de mampostería estructural a muros portantes en concreto. El cambio fue motivado por la necesidad de responder a los problemas de fisuración que presentaban los mampuestos de arcilla en otros proyectos. La decisión implicó un sobrecosto del 5% durante la construcción, pero disminuyó los requerimientos en postventa (Cárdenas Gil, 2018). Por otro lado, el Benchmarking fue aplicado en el Proyecto de Santa Elena aprendiendo de las lecciones aprendidas de otra firma que construyó los edificios en mampostería estructural y, en San José de las Palmas Etapa II y Etapa IV se hizo un levantamiento de los métodos constructivos de vivienda de interés social buscando reducir a cero la posventa (Cárdenas Gil, 2018).

Proyecto	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Vegas de Comfandi	x	x	x	x		x			x
San José de las Palmas Etapa II	x	x	x	x		x	x		x
San José de las Palmas Etapa IV	x	x	x	x		x	x		x
Santa Elena		x	x	x	x	x	x		x
Altos de la Luisa	x	x	x	x		x			x
Sala de velación de Buga		x	x	x		x			x
Comercial Acuarela		x	x	x		x			x
Superinter		x	x	x		x		x	x
Park Avenue		x	x	x		x		x	x
Park Way		x	x	x		x		x	x

Nota: 1: Planeación Estratégica; 2: Programa de Calidad Total; 3: Mejoramiento Continuo; 4: Justo a Tiempo; 5: Reingeniería; 6: Dashboard; 7: Benchmarking; 8: Empoderamiento; 9: Outsourcing

Tabla 1_ Aplicación de estrategias administrativas en proyectos del sector privado. Fuente: (Cárdenas, 2018)

Respecto al outsourcing, esta modalidad es muy usada en pisos, enchapes, pinturas, estructura metálica. Es de gran aplicación. En cuanto a la representación gráfica de resultados, como aproximación del Dashboard, en general en todos los proyectos de manera semanal se presentaban los avances y se hacían curvas de seguimiento. Este ejercicio fue útil porque permitió la toma de decisiones y entrega en los plazos.

Finalmente, la técnica de empoderamiento fue aplicada en los proyectos de Construcción del Superinter, Park Avenue y Park Way en donde se logró la entrega del proyecto en menor tiempo gracias a la estrategia de bonificación al personal involucrado en tareas de alto impacto económico.

Al igual que en el sector privado, en el sector público se tienen establecidos lineamientos administrativos y de control que suelen explicitarse en las Especificaciones Técnicas o en los Pliegos de Condiciones de procesos contractuales celebrados bajo distintas modalidades de contratación. Ejemplo de ello son:

- La construcción del urbanismo de Altos de Betania ubicado en Bucaramanga, Santander (Colombia) con número de proceso LP-OP-005-2013 (secop i, 2013) se presentaron prórrogas y una adición presupuestal cercana al 50% del valor inicialmente pactado. En este proyecto el mecanismo de control fue ejercido por un Interventor quien, a manera de Auditor, ejercía labores de vigilancia relacionadas con Calidad y con suministro oportuno de insumos.

- El proceso L.P. 008 de 2015 (secop i, 2015) para la construcción de 140 viviendas de interés social en Roldanillo (Valle del Cauca, Colombia) también se planteaba control de materiales según seguimiento de las obras ejecutadas. De manera tácita se empleó Just in time.

- El proceso Número AMJI LP 002 DE 2014 (secop i, 2014) de la Jagua de Ibirico en el Cesar (Colombia). En este proyecto se construyeron 375 viviendas para la población en condicio-

nes de vulnerabilidad desplazados o víctimas de la violencia; al igual que los anteriores procesos, se exige control de calidad.

- El proceso IP-001-2016 (secop i, 2016) cuyo objeto contractual es la construcción del edificio de Ciencias de la Computación y Nuevas Tecnologías de la Universidad del Valle del Cauca, se tiene un contrato especial para la administración del proyecto. La acción administrativa estuvo encaminada al control de calidad.

- El proceso 1.5.13.001.2016 (secop i, 2017) se adelantó la construcción de la IPS Alfonso López III y adecuación Hospital Joaquín Paz Borrero adscritas a la red de salud del norte E.S.E en el municipio de Cali (Valle del Cauca). Este proceso incluye los controles administrativos y técnicos de obra en donde se establece el requerimiento de cumplimiento de calidad, de levantamiento de una bitácora diaria y un reporte mensual. Al respecto, es importante señalar que en diferentes contratos de obras públicas se explicitan los requerimientos administrativos bajo el nombre de Plan de Gestión Integral de Obra (PGIO) previo al inicio de la ejecución de la obra el cual incluye control de calidad, registro fotográfico y levantamiento diario de actividades, acciones que se asemejan al Programa de Mejoramiento Continuo.

4 Discusión

En general, tanto los proyectos de la empresa pública como en el sector privado se cumplen etapas y siguen mecanismos administrativos para garantizar el cumplimiento de los objetos contractuales. Estas etapas se resumen como se indica en la tabla 2. Aunque los aspectos legales son revisados durante la Planeación y Diseño de los proyectos públicos y privados, suele ocurrir que algunos proyectos liderados por el sector público en Colombia, lamentablemente, se inician sin tener los estudios técnicos completos y adicionalmente presentan desfases

Sector	Planeación/diseño*1			Seguimiento en ejecución*2		Entrega*3		
	Legal	Técnico	Financiero	Legal	Técnico	Legal/técnico	Técnico	Financiero
PRIVADO								
Las Vegas de Comfandi	X	X	X	X	X	X	X	X
San José de las Palmas Etapa II, urbanismo	X	X	X	X	X	X	X	X
San José de las Palmas Etapa IV	X	X	X	X	X	X	X	X
Santa Elena	X	X	X	X	X	X	X	X
Altos de la Luisa	X	X	X	X	X	X	X	X
Sala Velación Buga	X	X	X	X	X	X	X	X
Centro Comercial Aquarela	X	X	X	X	X	X	X	X
Super Inter	X	X	X	X	X	X	X	X
Park Avenue	X	X	X	X	X	X	X	X
Park Way	X	X	X	X	X	X	X	X
PÚBLICO								
Altos de Betania	X	X				X		
140 VIS Roldanillo	X		X			X		
375 viviendas Municipio de la Jagua Ibirico	X		X			X		
Ampliación y Adecuación Jardín Infantil Sevilla	X		X			X		
Edificio de Ciencia Cali	X	X	X			X		
Ips Alfonso López 3	X	X	X			X		

Nota:

*1:Planeación y diseño incluye: para lo Legal: Licencias, Contrato, Pólizas, Acta inicio, Personal; respecto a lo Técnico: Especificaciones, planos, estudios técnicos, comités de obra, bitácora; y, con relación a lo Financiero: Programación, presupuesto, plan de pruebas

*2:Seguimiento en ejecución incluye: Legal: Contrato, póliza, personal; y, Técnico: Programación, presupuesto, liberación de obra, comités de obra

*3:Entrega: Legal/técnico: Contrato, pólizas, acta de entrega; Técnico Planos Asbuilt, bitácora; y, Financiero: Programación, presupuesto, certificaciones de calidad

Tabla 2_ Tipo de control implementado en proyectos del sector público y del sector privado. Fuente: Tomado y adaptado de Cárdenas (2018)

financieros significativos. Por otro lado, el Plan de Pruebas que es una herramienta administrativa para el control de calidad durante la ejecución de las obras, no es empleado en todos los proyectos gubernamentales delegando la responsabilidad en el Programa de Calidad y el control de costos en los contratistas. Finalmente, al momento del cierre del proyecto, en los proyectos públicos este se centra en la expedición de Actas de Cierre y pólizas, mientras que en el sector privado se hace énfasis en el control de los planos de construcción, la calidad de la obra que se entrega y el cumplimiento de presupuestos y finanzas pues se estima una utilidad por el desarrollo del proyecto.

5 Conclusiones

En Colombia, las instituciones gubernamentales de manera explícita establecen mecanismos de control administrati-

vos. Sin embargo, se observa con preocupación que estos controles se centran en el cumplimiento de aspectos legales que no resumen la necesidad de controles de tipo técnico, administrativo y financiero que requieren los proyectos. En esencia, los controles administrativos de proyectos del sector público y privado difieren justamente por su naturaleza contractual. Así como las obras que adelanta el sector privado para la comunidad dinamizan la economía, aquellas ejecutadas por el sector público benefician en mayor escala a la comunidad razón por la cual deben existir mecanismos de control que garanticen que las obras se ejecutan en los tiempos establecidos y a los precios pactados. Por ello, los entes gubernamentales deberían establecer un Sistema de Calidad que involucre las etapas de Planeación, Dirección y Entrega al cliente/usuario y tenga procedimientos y registros y/o formatos que obliguen a llevar la trazabilidad y los datos para la obra, a partir de los cuales se toman decisiones y acciones en pro de los tiempos y costos que son tan relevantes en construcción. 📌

REFERENCIAS

- AbdEllatif, M., Farhan, M., & shehata, N. (2017). Overcoming business process reengineering obstacles using ontology-based knowledge map methodology. *Future Computing and Informatics Journal*, 28. doi:10.1016/j.fcij.2017.10.006
- Arrieta de Bustillos, L., Andrade, L., & Saavedra, J. (2017). Lecciones aprendidas en la construcción de viviendas en bordes de terraza sobre suelos potencialmente deslizables. *Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de las Construcciones*. Barquisimeto, Venezuela.
- Bautista Urrutia, P., & Páez Meza, E. (2012). Lecciones aprendidas en el ejercicio de interventoría en proyectos pilotos de revegetalización de taludes por el método de hidrosiembra en campos petroleros. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017
- Calvin Kam y Martin Fischer (2004). PM4D Final Report. CIFE technical Report 143, Stanford University 2002, disponible en <http://www.stanford.edu/group/4D/download/c1.html>
- Cárdenas Dulcey, J., Segura Ibarra, F., & Rico Cañas, N. (2012). Alternativa de albergue temporal en estructuras metálicas desarmables basadas en las lecciones aprendidas en la construcción de unidades metálicas móviles para oficinas. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. Recuperado el 22 de Noviembre de 2017
- Cárdenas Gil, Jaime. (2018). Propuesta de un modelo gerencial aplicable a ingeniería de construcción. Trabajo de grado para optar el Título de Magister en Ingeniería Civil. Pontificia Universidad Javeriana Cali.
- Cheng, M.-Y., Tsai, M.-H., & Sutan, W. (2009). Benchmarking-based process reengineering for construction management. *Automation in Construction*, 605-623. doi:doi:10.1016/j.autcon.2008.12.004
- Coronel Gutiérrez, R., & Tavera Calderón, R. (2013). Lecciones aprendidas en la estabilización de taludes con pantallas ancladas. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017
- Corredor Aguilera, G., & Rojano Vergara, A. (2009). "Lean Construction" aplicada a proyectos de construcción de edificaciones de vivienda multifamiliar! Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. Recuperado el 12 de Noviembre de 2017
- Crespo Ramos Tomás y José López Yepes (2003). *Administración de Empresas*. Vol II Editorial Madrid. España
- Chávez Eslava, A. (2016). Buenas prácticas y lecciones aprendidas del proyecto de reasentamiento poblacional de la nueva ciudad de Belén en Loreto. Lima: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (Flacso) y la Universidad de Londres (Development Planning Unite, University Colleague of London).
- De Abreu, E. y Giuliani, A. y Kassouf Pizzinatto, N. y Alves Correa, D. (2006). Benchmarking como instrumento dirigido al cliente. *Invenio*, [en línea] 9(17), pp.77-94. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87791706>
- Espino Rodríguez, Tomás Francisco (2003). El outsourcing y su influencia en los objetivos de la estrategia de operaciones. Una aplicación empírica, *Cuadernos de Gestión*, vol. 3, núm. 1-2, 2003, pp. 83-99, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Vizcaya, España
- Evans James y William Linsay. (2008). *Administración y Control de Calidad*. 7ª Edición México.
- Galindo Lourdes Munch. (2005). *Fundamentos de administración*. México: Trillas.
- García P., M., Quispe A., C., & Ráez G., L. (Agosto de 2003). Mejora Continua de la Calidad en los procesos. *Industrial Data*, 6, 89-94. Pp. 089-094. Recuperado el 13 de Junio de 2017, de <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/idata/article/download/5992/5187>. doi:<http://dx.doi.org/10.15381/idata.v6i1.5992>
- Guerrero Marín Manuel Andrés. (2003, noviembre 20). 4 etapas del proceso administrativo. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/4-etapas-proceso-administrativo/>
- Liu, Y., van Nederveen, S., & Hertogh, M. (2017). Understanding effects of BIM on collaborative design and construction: An empirical study in China. *International Journal of Project Management*, 687-698. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.06.007>
- Love, P., & Gunasekaran, A. (1997). Process reengineering: a review of enablers. *International Journal of production Economic*, 50, 183-197.
- Lozano Cortijo, Luis. (1998). ¿Qué es calidad total?. *Revista Medica Herediana*, 9(1), 28-34. Recuperado en 08 de octubre de 2018, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1018-130X1998000100006&lng=es&tlng=es
- Mariño Ibañez, A., Cortés Aldana, F., & Garzón Ruiz, L. (Diciembre de 2008). Herramienta de software para la enseñanza y entrenamiento en la construcción de la matriz DOFA. *Ingeniería e investigación*, 159-164.
- Moore John. (2016). Knowledge as an interactional tool in the management of client empowerment, *Patient Education and Counseling*, 99, pp. 911-916. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pec.2015.10.001>. ISSN 0738-3991.
- Ortega Burgos, K., & Rueda Gallar, C. (Abril de 2017). Evolución del impacto comercial de los proyectos de edificaciones: un indicador líder. (87), 18. *Camacol P-F02-PEE-01 V2*.
- Petrović Marijana, Bojković Nataša, Stamenković Mladen y Anić Ivan. (2018). Supporting performance appraisal in ELECTRE based stepwise benchmarking model, *Omega*, 78, pp. 237-251. <http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2017.07.002>. ISSN 0305-0483. 2018
- Reyes Ponce, Agustín (2005), *Administración Moderna*, México, Editorial Limusa, 2007, ISBN 978-968-18-4214-7, pp. 492
- Secop i. Servicio Electrónico de Contratación Pública. (2013). Proceso Número: LP-OP-005-2013, Bucaramanga, Santander.
- Secop i (2014). Proceso AMJI LP 002 DE 2014. Jagua de Ibirico, Cesar. Disponible en: <https://www.contratos.gov.co/consultas/detalleProceso.do?numConstancia=14-1-111193>
- Secop i (2015). Proceso Número LP 008 de 2015. Roldanillo, Valle del Cauca, disponible en: <https://www.contratos.gov.co/consultas/detalleProceso.do?numConstancia=15-1-151168>
- Secop i (2016). Proceso Número IP-001-2016. Cali. Valle del Cauca. <https://www.contratos.gov.co/consultas/detalleProceso.do?numConstancia=16-4-5660403>
- Secop i (2017). Proceso Número 1.5.13.001.2016. Cali. Valle del Cauca. <https://www.contratos.gov.co/consultas/detalleProceso.do?numConstancia=16-4-5363192>
- Serrano-Guzmán, María Fernanda, Diego Darío Pérez Ruiz, Adriana Marcela Cordero Martínez y Juan Paulo Salazar. (enero de 2017). Reconstrucción de GUAPI: esfuerzo aunado de la nación y el sector privado. *Quivera Revista de Estudios Territoriales*, [S.l.], v. 19, n. 1, p. 41-60. ISSN 1405-8626. Disponible en: <https://quivera.uaemex.mx/article/view/9700>. Fecha de acceso: 07 oct. 2018
- Walvoord ,Ashley A.G., Elizabeth R. Redden, Linda R. Elliott y Michael D. Coovert. (Septiembre, 2008). Empowering followers in virtual teams. *Computers in Human Behavior*, volumen 24 Issue 5, pp.1884-1906, Elsevier Science Publishers B. V. Amsterdam, The Netherlands, The Netherlands, doi:10.1016/j.chb.2008.02.006

Estudio de pastas de yeso y cemento

Incidencia de las proporciones en sus propiedades físico-mecánicas a corto plazo

JESÚS ÁNGEL
Coronado

Facultad de Educación Ciencia y Tecnología. Universidad Técnica del Norte. Ibarra (Ecuador)

ALFONSO
García Santos

E.T.S. de Arquitectura, Univ. Politécnica de Madrid

RESUMEN

Se analiza la variación de las propiedades físicas y mecánicas del yeso con la adición de distintos tipos de cemento y en diferentes proporciones, en un periodo de tiempo de una hora a 21 días, estudiando cómo afectan la proporción y tipología del cemento escogido en la mezcla. Se realizan ensayos de agua de saturación y tiempo de inicio y fin de fraguado en la mezcla y posteriormente ensayos dureza shore C, velocidad de ultrasonidos y de resistencia a flexión y compresión. Además, se realizan ensayos físicos. Se concluye que no influye el tipo de cemento utilizado en la mezcla, sino el porcentaje de este.

PALABRAS CLAVE

Cemento, yeso, etringita, fraguado

ABSTRACT

It analyzes the variation of the mechanical and physical properties of the gypsum with the addition of different cement types and in different proportions, in a period of time from one hour to 21 days, studying how the proportion and typology affect the cement chosen in the mixture. Some trials are being conducted with water saturation and start and end of the hardening time in the mixture and shore hardness tests subsequently C, ultrasonic speed and resistance to bending and compression. In addition, physical tests are carried out. It is concluded that the type of cement used in the mix does not influence but its percentage.

KEYWORDS

Cement, gypsum, ettringite, hardening time

1

Introducción

El cemento y el yeso son conglomerantes que, de forma separada, se utilizan de forma habitual en la construcción. El yeso fragua más rápidamente que el cemento portland, lo que facilita su uso como material de recubrimiento superficial, fundamentalmente en interiores. Por el contrario, el cemento portland presenta resistencias mecánicas superiores al yeso y un mejor comportamiento frente a la humedad (el yeso es soluble en el agua por lo que presenta una durabilidad muy reducida en ambiente húmedo) (Ariño et al, 2010).

La resistencia del yeso seco fraguado es directamente proporcional a su densidad dependiendo principalmente de su porosidad (tamaño y estructura de los poros) y también de la proporción de agua/yeso (Wirsching, 1985). La pasta de cemento tiene la propiedad de endurecer progresivamente, por un proceso derivado de la reacción química del agua con las fases mineralizadas del clinker y que en su primera etapa incluye la reacción de los compuestos anhidros del cemento con agua, formando compuestos hidratados (Ramachandran, 1995).

En la fabricación del cemento portland, el yeso generalmente en forma de dihidrato, se utiliza como adición al clinker para regular la velocidad de fraguado (Metha & Monteiro, 1998) ya que, en general, se sabe que las mezclas cemento portland/yeso son incompatibles, porque producen etringita y otros compuestos, que causan una disminución drástica de resistencia y expansiones excesivas (Neville, 1977).

La mezcla de yeso y cemento, genera que los iones sulfato reaccionen con el C3A del cemento para formar etringita (Rolán, 2011). La etringita es un sulfatoaluminato de calcio hidratado que se forma durante las primeras etapas de hidratación del cemento portland a partir de la reacción de la fase aluminato del clinker ((CaO)3Al2O3) con el yeso (CaSO4•2H2O) empleada para retardar el fraguado (Jimenez & Prieto, 2010).

Existen trabajos que estudian el efecto de diferentes mezclas de yeso-cemento, modificando sus proporciones en peso y su relación con diferentes porcentajes de agua-mezcla, sobre algunas de sus propiedades (tiempo de fraguado, porosidad, densidad, absorción y morfología), para su aplicación en moldes de yeso y yeso-cemento para vaciado de suspensiones (Samperio-Gómez, Cortés-Escobedo, Sanchez-De Jesús & Bolarín-Miró, 2013).

Otro trabajo evalúa el comportamiento de pastas de yeso con cemento Portland y sílice activa para revestimientos, indicando que, la relación agua/conglomerante de 0,70 es ideal para la preparación de pastas empleadas en el estudio experimental y también para su aplicación. Además, se concluye que las

pastas yeso-cemento con porcentajes 85-15 y 75-25, incluso cuando absorben una mayor cantidad de agua se provoca una menor pérdida de peso en relación a pastas con 100 % de yeso cuando se sumergen en agua. Los resultados obtenidos muestran que la adición de sílice activa a la mezcla que contiene cemento, reduce la formación de etringita, especialmente en revestimientos sujetos a humedad (De Milito, 2001).

Para posibles situaciones temporales o de emergencia, es conveniente la utilización de una pasta de fraguado rápido que tenga buena resistencia inicial, donde no importen tanto las propiedades a largo plazo (porque no las va a haber) como la inmediata entrada en carga. Este artículo analiza la variación de las propiedades físicas y mecánicas del yeso con la adición de distintos tipos de cemento y en diferentes proporciones, en un periodo de tiempo de una hora a 21 días, estudiando cómo afectan la proporción y tipología del cemento escogido en la mezcla.

2

Materiales

2.1. Yeso

Se ha utilizado escayola del tipo E-30, conglomerante a base de yeso, fabricado en conformidad a la norma UNE-EN 13279-1 con pH básico, siendo las características suministradas por la fábrica: Agua combinada: 5-6 %, trióxido de azufre: ≥ 50 %, PH: Básico, índice de pureza: ≥ 90 %, relación agua-yeso: 0.7, resistencia a flexotracción: ≥ 32 Kpf/cm², finura de molido: retención máxima de tamiz 0.2 UNE 7050: ≤ 1 %, Dureza superficial (media): 85 uds Shore C para A/Y: 0.8 e índice de blancura: 90 %

2.2. Cemento

Para la elaboración de las mezclas se han utilizado tres tipos de cemento con las siguientes designaciones según la norma UNE 80301:1996: Cem I 42.5 R, Cem I 42.5 R/SR y Cem II B-L 32.5 N. Las características de estos cementos suministrados por la casa comercial están expuestas en la tabla 1:

Características de los cementos			
	Cloruros (%) (valor medio)	So3 (%)	Expansión (mm)
CEM I 42.5 R	0,01	3,52	0,25
CEM I 42.5 R/SR	0,00	3,39	0,00
CEM II B-L 32.5 N	0,01	3,43	0,05
valores UNE	≤ 0.1	≤ 4	≤ 10
n° ensayos	24	100	100

Tabla 1_ Características de los cementos. Fuente: Autoría propia

2.3. Agua

En la preparación de pastas se utilizó agua potable de la red de Madrid, cuyo análisis promedio es: cloruros= 82 mg/l, Ca y Mg= 386 mg/l, sulfatos= 287 mg/l y pH= 7,72.

3 Metodología

Todo el trabajo realizado se realiza en laboratorio con las siguientes condiciones: temperatura del ambiente 20 °C con una tolerancia de ± 2 °C y humedad relativa es del 35 %.

3.1 Elaboración de probetas

Se realizan probetas de medidas 40x40x160 mm, con diferentes dosificaciones, elaborando en total 6 mezclas de escayola con cemento, según los porcentajes especificados en la tabla II.

Denominación	% Escayola	% Cemento
50 % E 50 % R	50	50 (cem I 42.5 R)
50 % E 50 % SR	50	50 (cem I 42.5 R/SR)
50 % E 50 % B	50	50 (cem II B-L 32.5 N)
95 % E 5 % R	95	5 (cem I 42.5 R)
95 % E 5 % SR	95	5 (cem I 42.5 R/SR)
95 % E 5 % B	95	5 (cem II B-L 32.5 N)

Tabla 2_ Dosificaciones de las probetas. Fuente: Autoría propia

Para la compactación de probetas, se coloca la mezcla fresca en molde y se compacta a continuación en la mesa de sacudidas (60 sacudidas). Ya que la adición de cemento a la escayola aumenta la rapidez de fraguado las probetas se retirarán de los moldes en un tiempo aproximado de diez minutos después de elaboradas.

3.2 Ensayos realizados

3.2.1 Agua de saturación y tiempo de fraguado

En la elaboración de cada mezcla, se utiliza el método de saturación para ver la cantidad de agua en peso que necesita cada mezcla y se miden los tiempos de inicio de fraguado (según la Norma UNE-EN 13279-2) y fin del fraguado, según Villanueva & García (2001), siendo esta última subjetiva ya que, depende de la presión del dedo índice, no siendo posible precisar una cuantía a dicha presión (Roldán, 2008).

3.2.2 Dureza superficial "Shore C"

Las medidas se realizan con un durómetro de dureza portátil "Shore" C, sobre las caras laterales limpias, planas y preferiblemente paralelas de las probetas. Se efectúan 10 determinaciones sobre cada una de las probetas, calculando la dureza, como la media aritmética de los valores obtenidos. La dureza de las distintas muestras, se ha determinado en los siguientes tiempos: 30 minutos, 1 hora y a 1, 4, 6, 7, 11, 14 y 21 días. El ensayo se realiza según la norma DIN 53505.

3.2.3 Velocidad de ultrasonidos

Se realizaron mediciones de la velocidad de propagación ultrasónica, por transmisión directa, a las distintas mezclas a los 7,14 y 21 días. Se tomo como longitud de recorrido 160 mm.

3.2.4 Ensayos mecánicos

Para la determinación de las resistencias mecánicas (compresión y flexión) de probetas, se utilizan los equipos establecidos por la norma UNE-EN 196-1. Se realizan ensayos de flexión y de compresión.

3.2.5 Ensayos físicos

Se obtienen los parámetros sobre:

- Peso: Peso natural (Pn), Peso seco (Psec), Peso saturado (Psat) y Peso sumergido (Psum).

- Volumen: Volumen aparente (Vap) y Volumen real o absoluto (Vreal).

- Densidad: Densidad aparente (d_{ap}) y Densidad real (d_{real})

- Contenido de humedad (H): $H = [(Pn - Psec) / Psec] \times 100$ (%)

- Coeficiente de absorción (CA): $CA = [(Psat - Psec) / Psec] \times 100$ (%)

- Porosidad abierta (β): $\beta = (Vap/Vreal) \times 100$.

4 Resultados

Se presentan a continuación los resultados obtenidos de los parámetros ensayados. En la tabla 3 se presentan los resultados obtenidos del tiempo de inicio y fin del fraguado y del porcentaje del agua de la mezcla en relación al peso de la mezcla del conglomerante. La mezcla 100 % de escayola tiene el inicio de fraguado 4,30 minutos y el del final 14,30 minutos del inicio.

Denominación probeta	Principio de fraguado t (minutos)	Fin de fraguado t (minutos)	Agua/mezcla
50 % E 50 % R	3,00 min	+ 2,51 min	0,53
50 % E 50 % SR	3,40 min	+ 5,87 min	0,55
50 % E 50 % B	2,50 min	+ 3,65 min	0,55
95 % E 5 % R	8,00 min	+ 8,20 min	0,69
95 % E 5 % SR	9,36 min	+ 14,09 min	0,65
95 % E 5 % B	6,15 min	+ 13,85 min	0,68

Tabla 3_ Tiempos de principio y fin del fraguado y de la relación del agua de la mezcla. Fuente: Autoría propia

En la figura 1 se recogen los datos de la dureza Shore C. En la figura 2 se recogen los datos de la velocidad de propagación de ultrasonidos. Se representa en la figura 3 los datos obtenidos de la resistencia a flexión. Los resultados de la resistencia a compresión se muestran en la figura 4.

En la tabla 4 se adjuntan los resultados de los ensayos físicos.

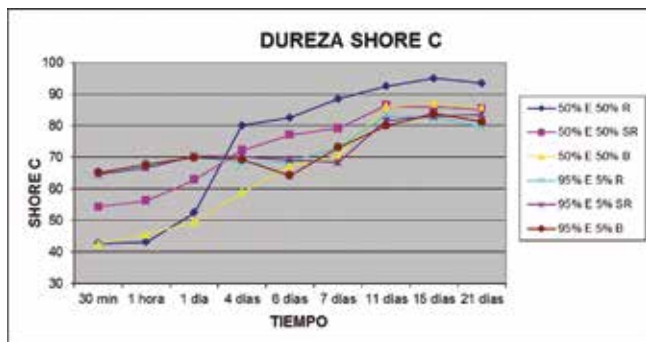


Fig. 1_ Dureza Shore C en cada uno de los tiempos indicados. Fuente: Autoría propia



Fig. 2_ Velocidad de propagación de ultrasonidos en los tiempos indicados. Fuente: Autoría propia

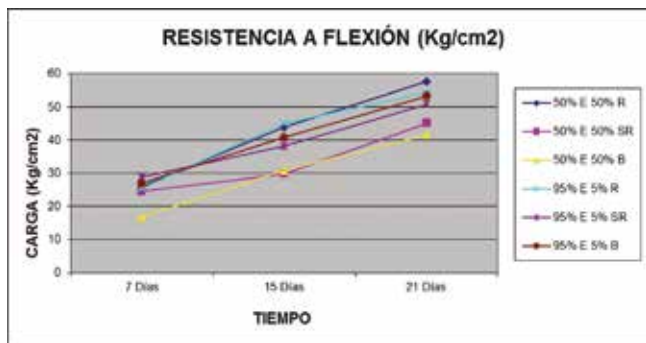


Fig. 3_ Resistencia a flexión en los tiempos indicados. Fuente: Autoría propia

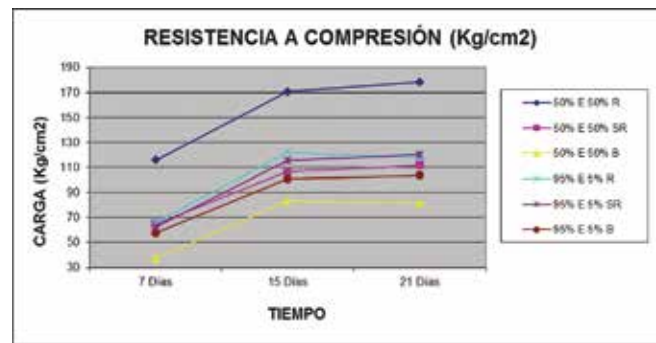


Fig. 4_ Resistencia a compresión en los tiempos indicados. Fuente: Autoría propia

	Peso Natural (g)	Peso Seco (g)	Peso Saturado (g)	Peso Sumergido (g)	Volumen Aparente (cm³)
50 % E 50 % R	51,18	44,55	58,97	23,90	35,07
50 % E 50 % SR	60,64	52,44	69,95	28,15	41,80
50 % E 50 % B	44,97	37,49	53,67	18,80	34,87
95 % E 5 % R	71,89	66,61	90,90	29,66	61,24
95 % E 5 % SR	117,25	99,23	134,4	46,44	87,96
95 % E 5 % B	90,58	75,81	104,94	34,26	70,68

	Densidad Aparente (g/cm³)	Coefficiente Absorción CA (%)	Contenido Humedad (%)	Porosidad Aparente (%)	Densidad Real (g/cm³)
50 % E 50 % R	1,27	32,36	14,88	41,11	2,53
50 % E 50 % SR	1,25	33,39	15,63	41,88	2,44
50 % E 50 % B	1,08	43,15	19,95	46,40	2,51
95 % E 5 % R	1,09	36,46	7,92	39,66	2,32
95 % E 5 % SR	1,12	35,44	18,15	39,98	2,09
95 % E 5 % B	1,07	38,42	19,48	41,21	2,32

Tabla 4_ Datos de los pesos, volúmenes, densidad coeficiente de absorción y porosidades. Fuente: Autoría propia

5

Análisis e interpretación de resultados

El rango de los valores obtenidos está entre 0,53 de la probeta denominada 50 % E 50 % R y el 0,68 de la probeta 95 % E 5 % B. La relación agua/conglomerante de 0.70 es ideal para la preparación de pastas (De Millito, 2001). El agua de saturación se reduce respecto a la relación ideal, siendo la reducción más acusada en las probetas con más porcentaje de cemento con independencia del tipo de éste. La cantidad de agua que necesita la mezcla depende de la finura del molido (Villanueva y García, 2001), por lo que la adición de cemento reduce la relación agua/conglomerante respecto a la mezcla 100 % escayola.

En la tabla 3 se observa que, cuanto más cantidad de cemento tiene la mezcla, se acelera el principio y el fin de fraguado, y este se acentúa más en la mezcla 50 % E 50 % R. Con cantidades menores de cemento los tiempos de inicio de fraguado se retrasan y los de final de fraguado se adelantan ligeramente, excepto en la mezcla 95 % E 5 % R que se adelanta considerablemente.

Como se puede ver en la figura 1, todas las mezclas aumentan su dureza hasta el día 15. Entre los 15 y los 21 días se aprecia una ligera regresión en todas las probetas.

En el primer día, son las mezclas con un 5 % de cemento las que obtienen un mayor valor de dureza. A partir del cuarto día hasta el final del ensayo, es la mezcla 50 % E 50 % R la que presenta los mayores valores de dureza shore c.

En la velocidad de ultrasonidos, existe una constancia en los resultados con una ascensión progresiva a medida que pasa el tiempo, siendo la mezcla 95 % E 5 % SR la que mayor velocidad tiene al final del ensayo

Se observa en la figura 3 que existe una constancia en los resultados, con una ascensión progresiva de la resistencia a flexión en todas las mezclas ensayadas entre los 7 y los 21 días. Las mezclas con mayor resistencia a flexión a los 21 días son las que poseen menor cantidad de cemento.

Sobre la resistencia a compresión, todas las mezclas presentan un aumento progresivo entre los 7 y los 15 días y se

estabiliza en la entre los 15 y los 21 días, como se aprecia en la figura 4. Es la mezcla 50 % E 50 % R la que alcanza una mayor resistencia con una diferencia considerable con respecto a las otras mezclas. Se obtienen valores de resistencia a compresión seis veces mayores que los obtenidos en las mezclas con 100 % escayola.

De las características físicas, las probetas con mayor contenido en cemento presentan una mayor densidad real y porosidad aparente, y las de menor contenido en cemento tienen mayor coeficiente de absorción y mayor contenido de humedad. La probeta que presenta mayor densidad real en la 50 % E 50 % R con 2,53 g/cm³, siendo la que menor densidad tiene la 95 % E 5 % SR con 2,09 g/cm³. La probeta que mayor porosidad aparente presenta con 46,40 % es la 50 % E 50 % B y la que menor valor tiene es la 95 % E 5 % R con 39,66 %.

Respecto al coeficiente de absorción la probeta con mayor valor es la 50 % E 50 % B con 43,15 % y la que menor valor presenta es la 50 % E 50 % R con 32,36 %. La probeta con mayor contenido de humedad, 19,95 %, es la 50 % E 50 % B, siendo la 95 % E 5 % R la que menor valor presenta.

6

Conclusiones

Se concluye que, según la investigación realizada, no influye el tipo de cemento utilizado en la mezcla, influyendo más el porcentaje de cemento en la mezcla. El principio y el final de fraguado disminuyen al aumentar la proporción de cemento, acentuándose en la mezcla 50 % E 50 % R. Cuanto más cemento lleva la mezcla, con menos agua se satura siendo escasa la influencia de un 5 % de cemento con respecto a la mezcla de escayola.

Todas las mezclas tienden a aumentar los valores ensayados tanto de la dureza Shore C, la velocidad de propagación de los ultrasonidos, la resistencia a flexión y a compresión respecto a la mezcla 100 % escayola, no influyendo el tipo de cemento utilizado sino el porcentaje de este. ☎

REFERENCIAS

- AENOR/CEN (2005). UNE-EN 196-1:2005. Métodos de ensayo de cementos. Parte 1: Determinación de la resistencia mecánica. Asociación española de normalización (AENOR).
- AENOR/CEN (2006). UNE-EN 13279-2. Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción. Parte 2: Métodos de ensayo. Asociación española de normalización (AENOR).
- AENOR/CEN (2009). UNE-EN 13279-1:2009. Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción. Parte 1:

Definiciones y especificaciones. Asociación española de normalización (AENOR).

- Ariño, D., Roldán, W., Monzó, J., Payá, J., Mellado, A. & Borrachero, M. V. (2010, 8 de noviembre). Evaluación del fraguado de mezclas cemento-yeso-ceniza volante y el efecto de agentes retardantes. II Simposio aprovechamiento de residuos agro-industriales como fuente sostenible de materiales de construcción. (pp. 511-523). Valencia. Ed. Universidad Politécnica de Valencia.
- De Milito, J. A. (2001). Avaliação do Comportamento de Pastas de Gesso com Cimento Portland e Sílica Ativa para Revestimento. (Tesis doctoral) Sao Paulo: Universidade Estadual de Campinas.
- Jiménez, A. & Prieto M. (2010). Incorporación de Se(VI) en etringita Ca₆(Al(OH)₆)₂[(SO₄),(SeO₄)]₃.26H₂O. Revista de la sociedad española de mineralogía. Macla, 13: 127-128.
- Metha, K. & Monteiro, P. (1998). Concreto. Mexico D.F: Ed. IMCYC.
- Neville, A. (1977). Tecnología del concreto. Mexico D.F: Ed. IMCYC.
- Samperio-Gómez, I. L., Cortés-Escobedo, C. A., Sanchez-De Jesús, F. & Bolarín-Miró, A. M. (2013). Estudio de absorción de agua en moldes de yeso y yeso-cemento para vaciado de suspensiones. Ingenierías. XVI (59): 36-42.
- Raggiotti, B. B., Positieri, M. J., Locati, F., Murra, J. & Marfil, S. (2015). Zeolite, Study of Aptitude as a Natural Pozzolan Applied to Structural Concrete. Revista de la construcción, 14(2) 14-20.
- Ramachandran, V. S. (1995). Concrete Admixtures Handbook. Second Edition, p. 670, Noyes: Saddle River, NJ, USA.
- Roldán Latorre, W. L. (2008). Preparación de nuevos conglomerantes a partir de mezclas mixtas de cemento-yeso-puzolana. Informe DEA. Dpto. Ing. de la Construcción y Proyectos de Ing. Civil. Universidad Politécnica de Valencia.
- Roldán Latorre, W. L. (2011). Materiales puzolánicos para uso en conglomerantes espaciales basados en yeso (Tesis doctoral). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Villanueva Dominguez, L. & García Santos, A. (2001). Manual del yeso. Madrid: CIE Inversiones Editoriales Dossat-2000, S.L.
- Wirsching, F. (1985). Sulfato de Calcio. Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Weinheim: Editorial Atedy.

PABLO
Zapico

Máster Oficial en Energías Renovables.
Ingeniero Técnico Industrial.
Ingeniero Técnico de Minas.

Universidad de León. Área de Ingeniería Eléctrica.
Dpto. Ingeniería Eléctrica y de Sistemas y
Automática.

Jefe de Sección de Industria y Energía de la Junta
de Castilla y León en León

ÁNGEL CARLOS
Rodríguez

Ingeniero Industrial.

Iberdrola Distribución Eléctrica
S.A.U.

ENDIKA
Fullaondo

Ingeniero Técnico Industrial .

División de Redes de Distribución
Eléctrica. FCC Industrial e
Infraestructuras Energéticas S.A.U. FCC
Industrial. Área de Infraestructuras.

RICARDO
Yebra

Iberdrola Distribución Eléctrica
S.A.U.

Nueva tecnología para la ejecución de cruces aéreos

de puntos complejos y su comparación con el precio
de los sistemas tradicionales

RESUMEN

La realización de cruces de obras aéreas lineales puede ser, en algunos casos muy compleja o casi imposible por los métodos tradicionales. En el presente trabajo se expone una manera alternativa de realizarlo con seguridad y a bajo coste.

PALABRAS CLAVE

Dron, cruzamiento, cruce, obra lineal, líneas eléctricas

ABSTRACT

The realization of crossings of linear aerial works can be, in some cases very complex or almost impossible by traditional methods. In the present work an alternative way to do it safely and at a low cost is exposed.

KEYWORDS

Drone, crossing, crossing, line work, power lines



Fig. 1_ El cruce que había que realizar

1

Introducción

La realización de cruces aéreos de líneas (eléctricas de alta o baja tensión, comunicaciones, etc...) con otras infraestructuras, es uno de los puntos que puede retrasar y encarecer de manera importante el proyecto de una obra lineal. La utilización de drones es una nueva herramienta que es útil para limitar los sobrecostes y demoras o incluso evitarlos por completo.

2

Situación de partida

El caso partió de un cruce de una línea de baja tensión, existente, con el río Esla en Valencia de Don Juan (provincia de León), que se había roto con motivo del crecimiento primaveral de la vegetación de ribera. La longitud del cruce era de unos 120 metros, río Esla incluido, con una isla en el medio del cauce, en aquel momento inaccesible. Después de un invierno con una precipitación, en forma de agua y de nieve, muy importante, el cauce baja con un nivel muy alto y resulta imposible cruzarlo a pie con seguridad. La utilización de un mortero, arco o similar, para llevar un hilo inicial, se descartó porque se trata de una zona poblada y con circulación de personas, muy difícil de acordonar con total seguridad. Hay además mucha vegetación de ribera y bosque de galería. Dada la velocidad de la corriente, tampoco una barca o piragua parece un sistema muy fiable, por lo que se decide probar a llevar un hilo piloto por medio de un dron.

3

Análisis de la situación

De momento, hay que cumplir una nueva reglamentación, pues además del Real Decreto 1955/2000, en su Título VII y otra normativa, hay una nueva reglamentación sobre el uso de drones que es preciso observar, el Real Decreto 1036/2017. Para ello, había que buscar un contratista que tuviera la posibilidad de prestar servicios profesionales con drones. Para ello hay que cumplir los siguientes requisitos:

- Estar dado de alta como operador en la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA)
- Tener un seguro de responsabilidad civil
- Tener el título de piloto de drones
- Tener un certificado médico en vigor

Además de estar de alta en hacienda, seguridad social, etc.

Respecto al dron en sí mismo hay que tener en cuenta que cualquier aeronave pilotada por control remoto deberá portar una placa identificativa ignífuga, en la que se mostrará la identificación de la aeronave. En dicha placa deberán figurar los siguientes datos:

- Nombre del fabricante
- Tipo
- Modelo
- Número de serie
- Nombre del operador y los datos de contacto



Fig. 2_ El dron utilizado

El dron utilizado, que se puede ver en el reportaje fotográfico, pesaba 1,9 kg; portaba una cámara orientable con zoom y podía llevar adicionalmente una cámara de infrarrojos, que para el caso concreto no se precisaba. Lo que ya resulta curioso es que su capacidad de elevación fuera de 2 kilogramos (¡superior a su propio peso!) y además disponía de un localizador GPS que proporcionaba una traza grabada de la trayectoria horizontal y vertical del mismo.

4 La ejecución del cruce

Para efectuar físicamente el cruce se utilizó un doble hilo formado por una tanza de pescar de 41,5 kg de rotura y un hilo de 35 kg de rotura, en paralelo. Estos elementos tienen una resistencia mecánica que se consideró suficiente y un peso lo bastante bajo como para que el dron los transporte sin dificultad. El primer problema que se encuentra es que la cuerda que se utiliza para tendido de este tipo de cables tiene un peso muy elevado y no se puede recuperar con los hilos patrón. Para solucionarlo se recuperó un cordino de 5 mm de diámetro y 500 kg de esfuerzo, sintético y que no absorbía agua, cuyo peso era lo suficientemente bajo como para poder pasarlo de lado a lado con los hilos iniciales y después utilizarlo para pasar la cuerda con la que, mediante una máquina de tendido, cruzar el conductor de RZ 3*50Al/54,6 alm, cuyo peso por metro (0,75 kg) exige una cuerda de tiro con una resistencia mecánica importante (14 mm de diámetro y 43 kN de carga de rotura).



Fig. 3_ El dron y los carretes de hilo

5 Comparativa con los sistemas tradicionales

En total el cruce costó 1.056 € con el sistema expuesto.

La operación con un topo, de forma subterránea, hubiera costado aproximadamente 35.000 €

Si se realizaba el cruce con barca o piragua el coste hubiera sido de 1.200 € y con la incertidumbre de conseguirlo o no, amén de que se requeriría un permiso.

La utilización de un arco, ballesta, mortero o similar no se podía valorar por el tipo de zona moderadamente concurrida por deportistas mañaneros, camiones, tractores, etc.



Fig. 4_ El dron tendiendo el hilo



Fig. 5_ El dron llegando al final de su recorrido



Fig. 6_ El recorrido realizado por el dron utilizando tecnología GPS y grabado, para su exportación en coordenadas geográficas o UTM



Fig. 6_ La zona donde se realizó el cruce

6 Conclusiones

De acuerdo con los datos expuestos y con el resultado de la obra, se puede concluir que los drones son una alternativa útil y fiable para realizar cruces de obras lineales, con un coste competitivo frente a otros métodos y con indudables ventajas en el caso de cruces problemáticos.

Este artículo recoge exclusivamente las opiniones de los autores. 📍

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Iberdrola Distribución Eléctrica S.A.U. la colaboración y los medios prestados para realizar el presente trabajo.

Se agradece especialmente la ayuda prestada por la empresa FCC Industrial e Infraestructuras Energéticas S.A.U. para la realización del presente artículo

BIBLIOGRAFÍA

- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

- Real Decreto 1036/2017, de 15 de diciembre, por el que se regula la utilización civil de las aeronaves pilotadas por control remoto, y se modifican el Real Decreto 552/2014, de 27 de junio, por el que se desarrolla el Reglamento del aire y disposiciones operativas comunes para los servicios y procedimientos de navegación aérea y el Real Decreto 57/2002, de 18 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Circulación Aérea.

- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas

La autovía

Gerediaga-Elorrio

J. M. M.
Baraibar Gil Ocejja

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales
y Puertos.

Director Técnico.
Viuda de Sainz, S.A., Bilbao

Ingeniero de Caminos, Canales y
Puertos.

Director de Grupo de Obras.
Interbiak, S.A., Bilbao

RESUMEN

La autovía Gerediaga-Elorrio es una infraestructura de 6,70 km de longitud, el 30 % en túnel, que actualiza el tramo vizcaíno del eje Durango-Bergara-Beasain, uno de los principales nudos de comunicaciones del País Vasco.

Su construcción, a cargo de la UTE formada por ACCIONA, EXBASA y VIUDA DE SAINZ, ha colaborado a reducir los índices de accidentabilidad, la congestión, el efecto barrera y los tiempos de recorrido que se producían en la carretera N-636 entre Abadiño y Elorrio. Además, desde la fase de planificación, se determina un diseño para conseguir su integración en los espacios naturales que atraviesa, manteniendo su valor ecológico, estético y paisajístico. Las consideraciones ambientales han sido determinantes en las etapas de planificación, proyecto y ejecución de la infraestructura. En la fase actual de explotación siguen teniendo protagonismo, ya que contribuyen a los “indicadores de disponibilidad” que influyen directamente en el “Pago por Disponibilidad (PpD)” que percibe anualmente la Sociedad Concesionaria.

Iniciada en octubre de 2012 y puesta en servicio en agosto de 2016, su ejecución en este tiempo ha contribuido a amortiguar el impacto de la crisis económica en el sector de la ingeniería y las obras públicas, impulsando la actividad de las empresas del sector, creando puestos de trabajo e incentivando la demanda de bienes de consumo duradero

PALABRAS CLAVE

Obra de gran magnitud, conexión interterritorial, integración paisajística, autopista

ABSTRACT

The Gerediaga-Elorrio motorway is a 6,70-kilometre-long infrastructure (30 % of its profile in tunnel) which updates the biscaine section of the Durango-Bergara-Beasain axis, one of the main communications node in the Basque Country.

Its construction, by ACCIONA, EXBASA and VIUDA DE SAINZ, has contributed to reduce the accident rate, the traffic congestion, the barrier effect and the travel times in the N-636 road, between Abadiño and Elorrio. Besides, from the planning stage the project has been designed to blend in with the surrounding natural habitats and retain the ecological, aesthetic and landscape values of the area. Environmental considerations have been taken into account in all the project stages: planning, detail design and execution. At present, in the operation stage, they also play a major role, as they have impact in the “disponibility indicators”, directly connected to the “Availability payment” which is annually paid to the Concession Company.

Works started in october 2012 and the road was opened to traffic in august 2016. Its construction in that time has contributed to cushion the impact of the economic crisis in the engineering and public works industries, boosting economic activity, creating jobs and stimulating the demand for long-lasting goods.

KEYWORDS

Large-scale works, territorial connectivity, landscape integration, motorway



Fig. 1_ Planta sobre ortofoto de la autovía Gerediaga-Elorrio

1

Introducción

El presente proyecto define uno de los tramos del Corredor Durango-Kanpazar, el comprendido entre el Enlace de Gerediaga y la Variante de Elorrio. Esta actuación, proyecto y obra, se promueve por la Diputación Foral de Bizkaia, a través de la sociedad pública INTERBIAK, siendo el órgano ambiental competente el Departamento de Medio Ambiente de la antedicha Diputación. La ejecución de éste tramo se incluye en el Plan Territorial Sectorial de Carreteras de Bizkaia (PTS) [1], como una duplicación de calzada y constituyendo una variante de la N-636 entre Abadiño y Elorrio.

Esta variante configura parte de la conexión del eje Durango-Bergara-Beasain con la autopista A-8 y la N-634 en el valle del Ibaizabal, que supone un nudo natural de comunicaciones dentro del País Vasco. El tramo vizcaíno de este eje, el corredor Durango-Kanpazar, articulará los movimientos de la comarca del Duranguesado, cuya conexión con la red de interés preferente se materializa en el enlace de Gerediaga (fig. 1).

Anteriormente, el eje Este-Oeste que cruzaba las poblaciones de Durango, Abadiño y Atxondo presentaba un alto índice de accidentabilidad y un elevado nivel de congestión en distintas partes del mismo. Este hecho provocaba un elevado aumento de los tiempos de recorrido con el consiguiente incremento de la contaminación, a la vez que un efecto barrera permanente en la vía.

En este entorno, la antigua N-636 presenta calzada única, sin arcén, con tramos en los que las cesiones de los polígonos generan sobreechamientos sin delimitación que suponen un riesgo para la incorporación a la vía, ya que se utilizan también como aparcamiento de vehículos pesados. Se trata de un tramo con cruces a nivel y accesos directos a la calzada.

La nueva variante, con un trazado total de 6,70 km, se proyecta con calzadas separadas y dos carriles de 3,50 m por calzada. Sus principales hitos ingenieriles son los túneles de Gaztelua, de 1.965 m, necesarios para atravesar sin afección un entorno de alto valor ecológico y paisajístico, y los 36.000 m² de estructuras necesarios para materializar tres enlaces que garantizan la accesibilidad entre la nueva autovía y los principales flujos de tráfico de la zona: el enlace con la autopista A-8, el enlace de Muntzaratz y el enlace de Elorrio. Los términos municipales afectados por la nueva infraestructura son: Berriz, Abadiño, Atxondo y Elorrio, todos situados en el Territorio Histórico de Bizkaia.

Los objetivos de la nueva autovía Gerediaga-Elorrio son:

a) En la fase de construcción:

- Impulsar la actividad de las empresas del sector de la construcción de las obras públicas en Bizkaia y sus sectores relacionados.
- Crear puestos de empleo y frenar la pérdida de estabilidad de los actuales.
- Incentivar la demanda de bienes de consumo duradero.

b) En la fase de servicio:

- Dotar a la comarca del Duranguesado de una infraestructura de comunicación viaria de alta capacidad y calidad, con el fin de vertebrar y cohesionar mejor el Territorio Histórico.
- Mejorar la competitividad de las empresas de Bizkaia, y en consecuencia la actividad económica, facilitando su conexión con las vías de alta capacidad.
- Reequilibrar la accesibilidad comarcal, disminuyendo los desequilibrios existentes.
- Facilitar el acceso de la ciudadanía de Bizkaia a los centros de trabajo, de comercio, culturales y de ocio.
- Aumentar la seguridad vial.
- Obtener otros beneficios sociales y ambientales como el ahorro en tiempos de viaje, la reducción de ruido en centros urbanos y la disminución de emisiones contaminantes.

2

Modelo de contratación

La "Autovía Gerediaga-Elorrio" se contrata mediante la figura de Concesión de Obra Pública. Comprende la construcción, conservación y explotación de la carretera N-636, Tramo Gerediaga-Elorrio, así como la conservación y explotación del tramo ya construido Variante de Elorrio. El plazo de duración de la concesión es de 30 años.

La Sociedad Concesionaria se ha encargado de la financiación de las obras de construcción de la "Autovía Gerediaga-Elorrio", cuyo presupuesto asciende a la cantidad de 215,8 millones de euros. El Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares de aplicación en el Contrato establece una serie de "Indicadores de Construcción" de los defectos de obra más representativos y sus repercusiones económicas asociadas, en caso de defecto, en el Precio Final Reconocido de las Obras (PFRO). En la tabla 1 se resumen estos indicadores.

Nº	Indicador de Construcción
1	Indicadores de aspectos generales (Geometría de la sección, adopción de medidas correctoras de impacto ambiental y base/sub-base de gravacemento)
2	Indicadores relativos a túneles (Ejecución de sostenimiento, geometría de la sección, filtraciones, espesor y estado del revestimiento, deformaciones asociadas al sostenimiento de túneles)
3	Indicadores relativos a desmontes y muros anclados (Factor de seguridad en rellenos, asientos post-constructivos, drenaje de rellenos)
4	Indicadores relativos a las estructuras (Geometría y replanteo, deformaciones de tableros, fisuras, recubrimientos y ambientes, resistencia a compresión de probetas)

Tabla 1. Indicadores de Construcción

Tras la finalización de las obras, el Promotor abona anualmente a la Sociedad Concesionaria el Pago Por Disponibilidad ofertado, que puede modificarse a la baja en función de diversos parámetros relativos entre otros a la calidad del servicio y al tratamiento medioambiental de la fase de operación (Ec.1). Estos se agrupan en los "Indicadores de Disponibilidad" determinados en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares de aplicación en el Contrato.

$$PPD_n = PPD_{n-1}(1 + \Delta IPC \cdot C) \quad (\text{Ec.1})$$

En la siguiente tabla se resumen los citados "Indicadores de Disponibilidad" (tabla 2).

Nº	Indicador de Construcción
1	Índice de regularidad superficial (IRI)
2	Resistencia al deslizamiento del pavimento (CRT)
3	Macrotextura del pavimento (MDP)
4	Capacidad estructural del firme
5	Retroreflexión de señalización vertical
6	Estado del cerramiento
7	Estado de los sistemas de contención de vehículos
8	Factor de seguridad en laderas
9	Estado de la vegetación
10	Estado del sistema de alumbrado
11	Estado del sistema de ventilación
12	Limpieza de plataforma, márgenes y elementos de drenaje
13	Mantenimiento preventivo de instalaciones
14	Atención a incidentes y accidentes
15	Seguridad vial
16	Afecciones a los usuarios
17	Seguridad laboral
18	Gestión de la explotación

Tabla 2. Indicadores de Disponibilidad

Tanto los indicadores nº1 de la tabla 1 de "Indicadores de Construcción", como los indicadores nº9 y nº12 de la tabla 2 de "Indicadores de Disponibilidad" son de marcado carácter ambiental.

3

Descripción global del proyecto

El trazado se inicia con un enlace con la AP-8, entroncando con la nueva área de peaje que se ha proyectado dentro de la ampliación a tres carriles del tramo Iurreta-Gerediaga. En este enlace, aprovechando las rotondas que se diseñan dentro del proyecto de ampliación del tercer carril, sobre la BI-633 y en la intersección entre la BI-633 y la N-634, se posibilitan todos los movimientos de interconexión entre ambas carreteras, la AP-8 y el nuevo eje, Gerediaga – Elorrio (figura 2).

Desde esta zona, fuertemente industrializada, arrancan sendas estructuras por encima de la AP-8, de las actuaciones promovidas por Gobierno Vasco (desdoblamiento del tramo Traña-Berriz y cocheras de Lebario), de la línea de ferrocarril Bilbao-San Sebastián, de la propia N-634 y de los ríos Zaldu, Sarria y Garai (afuentes del Ibaizabal).

Estas estructuras son tres viaductos de gran longitud y de sección variable, que se reducen a dos en el estribo sur de las mismas, al unirse dos de ellas en una sola.

A continuación de estas estructuras se desarrolla un pequeño terraplén sobre el aluvial del Ibaizabal, cuya potencia va disminuyendo a medida que nos acercamos hacia las estribaciones del monte Ambotogotxi, en cuya ladera norte se ubica

el emboquille del primer tramo excavado en mina del túnel de Gaztelua. La zona de campiña que se atraviesa, dado su alto valor paisajístico, se resuelve precisamente mediante un túnel, incluyendo un tramo de falso túnel, que será la única zona del tramo que sufra mínimas molestias en la fase de ejecución.

Este primer túnel se desarrolla íntegramente en la formación de margas y calizas. La boquilla sur de esta primera parte del túnel se emboquilla por debajo de la carretera del barrio de Gaztelu, en una pequeña vaguada en la que se formaliza un falso túnel, que conecta los dos tramos que se proyectan como túneles excavados en mina, materializándose de este modo un único túnel (la mayor parte excavado en mina) de 2 km de longitud.

A continuación del falso túnel, de unos 216 m de longitud, se excava en mina un segundo tramo, de unos 1.136-1.140 m de longitud.

Inmediatamente después de este segundo tramo de túnel excavado en mina nos encontramos el enlace de Muntsaratz (figura 3), que se desarrolla sobre una zona de suelos aluviales, de los ríos Ibaizabal y su afluente el arroyo Urti. La afección al arroyo Urti hace necesario su encauzamiento, teniendo como criterio de diseño mantener la máxima longitud de cauce natural de cara a su recuperación. Desde un punto de vista ambiental en esta zona existe abundante vegetación de ribera, bien conservada.



Fig. 2_ Enlace con la AP-8



Fig. 3_ Enlace de Muntzaratz



Fig. 4_ Enlace de Elorrio

Este enlace conecta el nuevo eje, Gerediaga-Elorrio, con la antigua N-636, en la zona de Muntzaratz, facilitando el acceso al nuevo eje de buena parte de los municipios de Abadiño y Atxondo, tanto de los vecinos de dichos municipios como facilitando el acceso a las distintas zonas industriales existentes en ambos términos municipales. La geometría del enlace esta fuertemente condicionada por la orografía, con un valle muy reducido (el de la regata Urti), que obliga a materializar desmontes de cierta entidad, y muros de contención para salvaguardar el dominio público hidráulico ya que en esta zona se produce la confluencia del Urti y del Ibaizabal.

Después del enlace de Muntzaratz el tronco se desarrolla durante aproximadamente 2 km a media ladera, en las estribaciones del monte Arangoiti y por encima del río Ibaizabal. El trazado cruza, en Atxondo, el Ibaizabal junto a la N-636, para discurrir la parte final del trazado, antes de conectar con la Variante de Elorrio (figura 4), a media ladera por la zona de Memaia, ocupando un antiguo trazado de ferrocarril. En el tramo Muntzaratz-Elorrio, que discurre a media ladera (figura 5), existe una zona donde es necesario disponer un muro para evitar que el derrame del terraplén invada la línea de inundación. Incluso en un tramo ha sido necesario reducir la dimensión de la berma, para evitar la afeción al dominio público hidráulico y el camino de servicio del Ibaizabal.

El trazado en planta se ha ajustado al canal viario definido en el Plan Especial Viario para el tramo Gerediaga-Elorrio, cumpliendo los radios mínimos para una velocidad específica de 100 km/h. El perfil longitudinal de la vía está condicionado en el tramo del enlace de Gerediaga y hasta la boca norte del túnel de Gaztelua por la conexión con la A-8 y los gálibos de la línea de Euskotren Bilbao-San Sebastián.

La pendiente máxima en el tronco principal es del 3,8 %. En los túneles, en cumplimiento del Decreto Foral de Seguridad en Túneles [2] y las instrucciones técnicas de seguridad y explotación en túneles de carretera [3] se limita al 3 % la pendiente en los mismos.

Los carriles de la nueva vía son de 3,50 m de anchura para el tronco y de 4,00 m en los ramales. Los arcenes proyectados,



Fig. 5_ Tramo Muntzaratz-Elorrio

de 2,50 m en el exterior y 1,00 m en el interior, se ajustan a la norma de trazado 3.1-IC. Se disponen bermas de 0,75 m de anchura mínima, que varían en función de la necesidad de instalar servicios.

El paquete de firmes dispuesto es de tipo semirrígido con capas tratadas con cemento, sobre las que existe amplia tradición y experiencia de uso en Bizkaia. En el caso del tronco principal se dimensionan para una categoría de tráfico T1A.

4 Principales hitos ingenieriles del proyecto

La obra de fábrica OF.1.1

El subtramo Bilbao-Donostia de la OF.1.1 (figuras 6 y 7) es un puente mixto compuesto por dos cajones metálicos que siguiendo el sentido positivo de los P.K. comienzan totalmente separados (sentido Bilbao y sentido Donosti) y que terminan por materializar una única losa de hormigón con dos cajones metálicos conectados entre sí mediante la losa de compresión superior (figura 8).

La geometría en planta de la estructura es en forma de "Y", siendo el eje dominante el eje 2 en toda la estructura. Observando el puente en planta, el cajón izquierdo asociado al eje 2 tiene una longitud total de 548,82 m divididos en 11 vanos de longitud 45,00 + 52,00 + 50,32 + 49,00 + 25,00 + 62,50 + 60,00 + 62,50 + 52,50 + 50,00 + 40,00. Todo el tablero es de canto constante de 2,50 m. La anchura del tablero es variable, comenzando en 15,70 m y uniéndose al eje del cajón 5 materializando una anchura variable desde los 22,80 m hasta los 15,70 m en el estribo 2. El tablero metálico es de sección trapezoidal con un ancho superior variable entre los 8,20 y los 5,00 m. La losa superior tiene un canto variable entre 25 cm y 40 cm.

El cajón derecho, asociado al eje 5, tiene una longitud total de 187,50 m divididos en 4 vanos de longitud 40,00 + 47,50 + 50,00 + 52,50 m. Todo el tablero es de canto constante de 2,50 m. La anchura del tablero es de 9,20 m hasta unirse con el tablero procedente del eje 2. El tablero metálico es de sección trapezoidal con un ancho superior constante de 5,00 m. La losa superior tiene un canto constante de 25 cm (figura 8).

En la zona próxima a las pilas se cuenta con doble acción mixta para lo que se dispone una losa inferior de espesor 30 cm. Las pilas se pueden aproximar a una sección rectangular con semicírculos en sus caras laterales, siendo sus dimensiones 2,20 x 2,70 m (figura 9).

Existen pilas de tipología algo particular y diferente al resto debido a condiciones de contorno en cuanto a ocupaciones permitidas y servicios afectados. En el caso de la pila 5 se dispone



Fig. 6_ Vista general de la OF 1.1



Fig. 7_ Detalle de conectores en ala superior del cajón metálico mixto de la OF 1.1

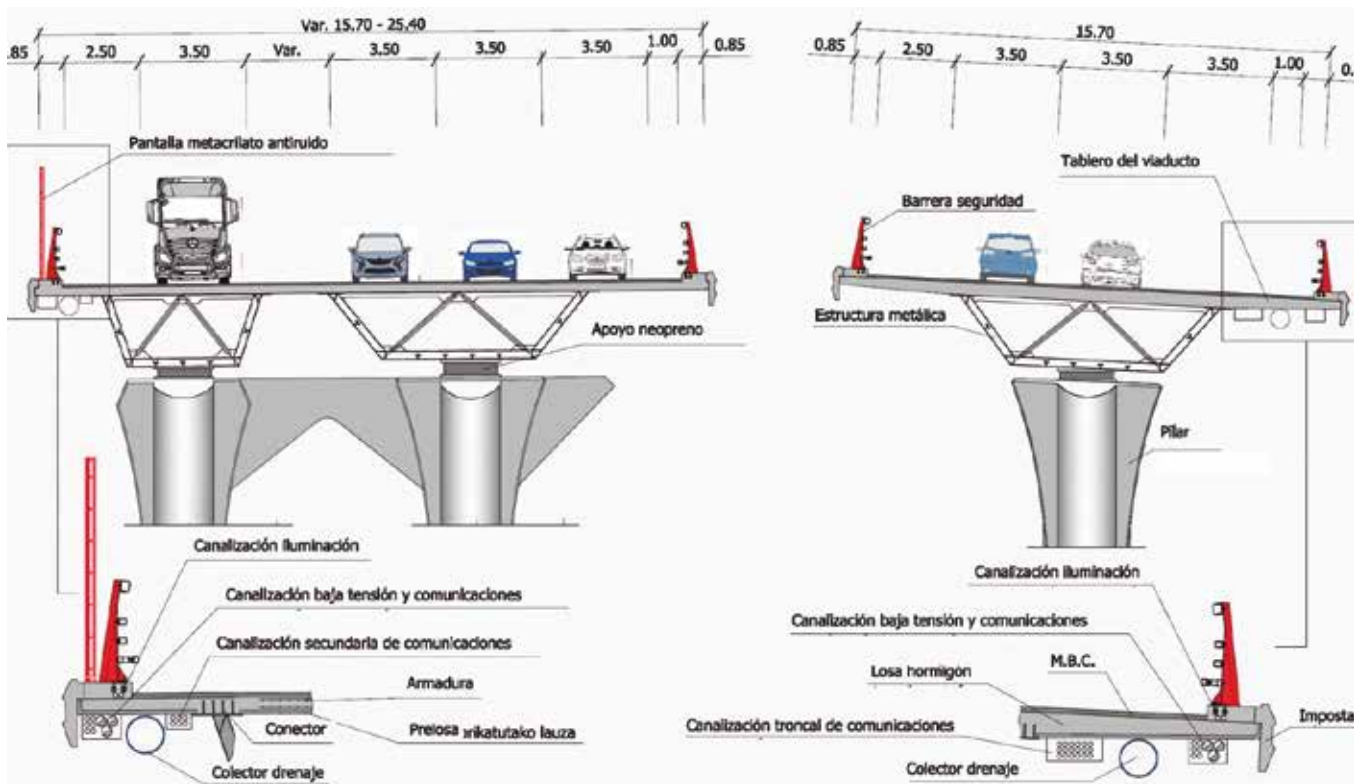


Fig. 8_ Sección transversal de la OF 1.1



Fig. 9_ Detalle de geometría de pilas en OF 1.1



Fig. 10_ Avance en el túnel de Gaztelua

una pila-pórtico para evitar afecciones a una tubería del gas y en el caso de la pila 10 se dispone una pila excéntrica respecto al eje del tablero que sostiene para evitar ocupaciones en el encauzamiento no permitidas y respetar de este modo los condicionantes ambientales.

El subtramo Elorrio de la OF 1.1 es un puente mixto de 865 m de longitud dividido en 17 vanos de 44,25+ 55,74+55+55+55+55+57,5+57,5+35+50+55+55+ 55+57,5+45+42,5+35 m. Todo el tablero es de canto constante de 2,50 m.

El ancho total del tablero es de 12,20 m, que incluyen 2 carriles de 3,50 m, dos arcenes de 1,00 m y 2,50 m respectivamente y 0,85 m a cada lado para alojar las barreras y las impostas.

El tablero metálico es de sección trapezoidal con un ancho superior de 6,50 m e inferior de 4.80 m. La losa superior tiene un canto constante de 25 cm.

En la zona próxima a las pilas se cuenta con doble acción mixta para lo que se dispone una losa inferior de espesor 30 cm.

EL TÚNEL DE GAZTELUA

En el tramo Gerediaga-Elorrio se ha previsto la ejecución de un túnel en mina separado en dos tramos, Gaztelua I y Gaztelua II (figura 10). Entre ambos el trazado transcurre en túnel artificial (falso túnel de Gaztelua), de modo que una vez finalizada la obra el tramo constará de un solo túnel continuo, denominado globalmente Gaztelua, de 1.986 m de longitud (esta cifra incluye también los túneles artificiales de las boquillas). El túnel de Gaztelua es bitubo, unidireccional, con dos carriles por tubo.

Teniendo en cuenta lo señalado por el Organismo de Inspección de Túneles de Bizkaia, el túnel de Gaztelua se clasifica como de TIPO I, lo que se ha tenido en cuenta para la aplicación de los requisitos recogidos en el Decreto Foral sobre seguridad en túneles de carretera [2] y sus instrucciones técnicas de seguridad [3].

La sección tipo principal del túnel (figura 11) es la siguiente:

a) Sección tipo túnel en mina: Cada tubo tiene una geometría circular truncada en la base, con las siguientes dimensiones:

- Radio interior único de 6,50 m.
- Altura interior libre en el eje de 7,98 m (rasante a 1,48 m por debajo del centro del círculo)
- Ancho interior libre de 13,00 m.

Se ha ejecutado asimismo un revestimiento de hormigón en masa de 40 cm de espesor hacia afuera de la sección.

A lo largo del trazado del túnel se interceptan diversas formaciones geológicas, generalmente de naturaleza mixta carbonatada-silíceas. El litotipo Ma+Ca (Margas, Calizas y Margocalizas) se encuentra en la parte norte del trazado, formando en su totalidad el monte Ambotogotxi. El litotipo L (Lutitas Negras, Margas) se encuentra desde el PK 2+065 hasta el final del trazado. Finalmente el litotipo Ar+L (Areniscas silíceas y lutitas) se encuentran en el tramo sur del túnel.

En las tablas siguientes (tabla 4 y tabla 5) se resumen los sostenimientos propuestos, que han sido de aplicación a todo el túnel, exceptuando únicamente las zonas singulares:

SOSTENIMIENTO TÚNELES GAZTELUA I Y GAZTELUA II	
ST-I Terreno tipo I: $Q > 10$	ST-II Terreno tipo II: $1 < Q < 10$
Excavación en avance (6,0 m hasta clave)	
Hormigón proyectado HP-30 con fibra (30 kg/m ³ , 500J), e = 5 cm + 5 cm de sellado	Hormigón proyectado HP-30 con fibra (30 kg/m ³ , 500J), e = 10 cm + 5 cm de sellado
Bulones Ø 25 L = 4,0 m, LxT = 2x2 m	Bulones Ø 25 L = 4,0 m, LxT = 1,5x1,5 m
Pase en avance: 4 m	Pase en avance: 3 m
Excavación en destroza	
Hormigón proyectado HP-30 con fibra (30 kg/m ³ , 500J), e = 5 cm + 5 cm de sellado	Hormigón proyectado HP-30 con fibra (30 kg/m ³ , 500J), e = 10 cm con fibra (30 kg/m ³ , 500J) + 5 cm de sellado
Bulones Ø 25 L = 4,0 m, LxT = 2x2 m	Bulones Ø 25 L = 4,0 m, LxT = 1,5x1,5 m
Pase en destroza: 8 m	Pase en destroza: 6 m

Tabla 4. Sostenimientos túnel de Gaztelua ST-I y ST-II

SOSTENIMIENTO TÚNELES GAZTELUA I Y GAZTELUA II	
ST-III Terreno tipo III: $0,1 < Q < 1$	ST-IV Terreno tipo IV: $Q < 0,1$ Tramos de entronque de galerías de interconexión Tramos de posible afección a terceros
Excavación en avance (6,0 m hasta clave)	
Hormigón proyectado HP-30 fibra (30 kg/m ³ , 500J), e = 18 cm con + 5 cm de sellado	Hormigón proyectado HP-30 con fibra (30 kg/m ³ , 500J) y mallazo (1-150x150x6), e = 23 cm + 5 cm de sellado
Bulones Ø 25 L = 4,0 m, LxT = 1x1,5 m	Bulones Ø 25 L = 4,0 m, LxT = 1x1 m
Cerchas reticulares TE-95 c/1,0 m	Cerchas TH-29 c/1,0 m
Pase en avance: 2 m	Pase en avance: 1 m
Excavación en destroza (partida)	
Hormigón proyectado HP-30 con fibra (30 kg/m ³ , 500J), e = 18 cm + 5 cm de sellado	Hormigón proyectado HP-30 con fibra (30 kg/m ³ , 500J) y mallazo (1-150x150x6), e = 23 cm + 5 cm de sellado
Bulones Ø 25 L = 4,0 m, LxT = 1x1,5 m	Bulones Ø 25 L = 4,0 m, LxT = 1x1 m
Cerchas reticulares TE-95 c/1,0 m	Cerchas TH-29 c/1,0 m
Pase en destroza: 4 m	Pase en destroza: 2 m

Tabla 5. Sostenimientos túnel de Gaztelua para ST-III y ST-IV

En el túnel de Gaztelua se ha dispuesto un revestimiento de hormigón en masa HM-30 de 40 cm (fig. 12) de espesor con fibras de polipropileno como medida de prevención de daños en caso de incendio (efecto spalling): las fibras mejoran notablemente el comportamiento del hormigón en esas situaciones, y el espesor de 40 cm establecido se considera adecuado para este caso en el que el porcentaje de sostenimientos tipo III y IV a lo largo del túnel es significativo de cara a tener garantías de protección del sostenimiento. Esta solución se ha aplicado a lo largo de todo el túnel en mina (sección de dos carriles y de túnel más apartadero).

El proyecto constructivo del eje Gerediaga-Elorrio contempla una gran cantidad de instalaciones y equipamiento (Energía, alumbrado, ventilación, PCI, sistema de control y comunicaciones), dada la existencia de un túnel (Gaztelua) y falso túnel (Atxondo) de carretera de tráfico unidireccional, que suman un total de 4,16 km de tramo soterrado (sumando calzadas individuales), además de los sistemas asociados y ubicados a cielo abierto. Dichas instalaciones (figura 13) se han proyectado en base al Decreto Foral de seguridad de túneles en Bizkaia [2,3], y al resto de reglamentación sectorial aplicable. Con anterioridad a este proyecto se han realizado los proyectos constructivos de las instalaciones de los túneles de la Variante Sur Metropolitana [4], y en la medida de lo posible se ha seguido un criterio unificador con esta autopista.

Consideraciones ambientales

Habida cuenta de la sensibilidad creciente de la ciudadanía hacia el entorno y cumpliendo escrupulosamente con la normativa ambiental existente, el peso del componente ambiental ha sido, y continúa siendo, muy notable en todo el proceso de decisión: en la fase inicial de ordenación del territorio y planeamiento, en la redacción de los proyectos de trazado, construcción, y por supuesto, en la ejecución de la obra y en la actualidad, en la fase de explotación.

Dicha apuesta se hace visible tanto en el presupuesto destinado a actividades ambientales (revegetación, medidas correctoras y plan de vigilancia ambiental), que asciende a 10,2 millones de € (un 5 % del presupuesto global), como en los recursos humanos dedicados exclusivamente al medio ambiente en todo el proceso.



Fig. 12_ Vista de impermeabilización y carro de revestimiento en el túnel de Gaztelua

El proyecto ha considerado las afecciones a la vegetación de interés, como la aliseda cantábrica del arroyo Zaldu y del Ibaizabal, así como las pequeñas manchas de robledal mixto de frondosas a lo largo de la traza.

Además, el proyecto ha considerado la comunidad faunística presente en el área de afección, en particular la afección al Visón europeo (*Mustela lutreola*), especie catalogada en peligro de extinción en el País Vasco y a nivel Estatal [5], y que cuenta con un Plan de Gestión aprobado en Bizkaia, mediante Decreto Foral [6]. En dicho Plan las cabeceras del río Ibaizabal se consideran Áreas de interés especial para la conservación del Visón europeo.

El Proyecto de Construcción ha contemplado diversas medidas para proteger la biodiversidad existente en la zona de obra:

- Se han creado pasos de fauna de gran amplitud (el corredor sobre el falso túnel de Atxondo funciona de hecho como paso de fauna), reduciendo al máximo el efecto barrera (figura 32), así como adaptaciones de Obras de drenaje transversal como pasos de fauna (fig. 14).

- Todas las pilas se ubican fuera del Dominio Público hidráulico y zona de servidumbre, evitando las afecciones a los bosques de ribera, así como sobre la función de corredor ecológico de los cauces. Es de destacar el apoyo excéntrico de la Pila 10 de la OF 1.1 Bilbao-Donostia, en donde se fuerza la solución a nivel estructural para evitar la afección al arroyo Zaldu (fig. 15).

- Se ha realizado la recogida de ejemplares arbóreos y arbustivos de vegetación autóctona por técnicos especialistas, las cuales fueron aviveradas hasta su utilización en la revegetación de las zonas de obra. Estas semillas fueron recolectadas en las proximidades de la obra para intentar mantener los caracteres genéticos y lograr así una revegetación lo más local posible. Además de las semillas, también se han recogido estaquillas de sauces para su uso en la vegetación de ribera y esquejes de otros ejemplares arbustivos (fig. 16).



Fig. 13_ Túnel de Gaztelua finalizado



Fig. 14_ Falso túnel de Atxondo como paso de fauna



Fig. 15_ Detalle de apoyo excéntrico en Pila 10 para respetar la cuenca del arroyo Zaldú.



Fig. 16_ Detalle de recogida de semillas autóctonas



Fig. 17_ Continuidad de hábitat fluvial en el entorno de Lebario

Durante la ejecución de las obras se han ejecutado medidas compensatorias consistentes en la desfragmentación de hábitats y restablecimiento de la conectividad ecológica asociada al ámbito fluvial. Las actuaciones llevadas a cabo han sido las siguientes:

- Restauración ecológica del río Sarria con el objeto de dar continuidad al hábitat fluvial en el entorno de Lebario, incluyendo el cegado del marco actual de desvío en cobertura de la regata (fig. 17).

- Modificación de la obra de drenaje transversal AP-8: Se ha dotado de un paso seco toda la OFT que se encuentra bajo la AP-8 y también se ha instalado en el drenaje antiguo que se encuentra bajo la N-634.

Desde la fase de Proyecto se ha perseguido combinar la huella ingenieril con la integración agradable con el espacio natural. Se han puesto en marcha múltiples medidas de ordenación

ecológica, estética y paisajística, que se encaminan a disminuir las afecciones sobre el paisaje, la vegetación, el propio trazado de la infraestructura y los depósitos de sobrantes y rellenos de obra (RO-1, RO-2 y RO-3).

En los márgenes de la regata Urti y los cauces modificados del túnel artificial de Gaztelua se ha procedido al extendido de 30 cm. de tierra vegetal, la hidrosiembra tipo H1 y la plantación de especies propias de la aliseda cantábrica, incluso desde una fase temprana tras finalizar las obras (figura 18).

En general se han utilizado técnicas diferentes, como hidrosiembra, “gunita verde” (figura 19), ocultamiento de estribos y arquetas, así como el empleo de muros de tierra armada, que verdean durante todo el año.

Con objeto de dirigir la fauna hacia las obras de drenaje transversal y los pasos inferiores adaptados para el paso de fauna, se ha propuesto la plantación masiva de especies arbustivas



Fig. 18_ Integración ambiental del falso túnel de Gaztelua. Estado actual



Fig. 20_ Muro Krainer, tras su ejecución

propias del robledal-bosque mixto de frondosas. En los taludes del cauce modificado de la regata Urti donde no se proyectan escolleras hormigonadas, se ha propuesto la renaturalización y estabilización de la base de los taludes del cauce con técnicas de bioingeniería, mediante la construcción de un entramado vivo de madera tipo "Krainer" de doble pared (figura 20). Además, se han mimado mucho los detalles en muchas unidades de ejecución, como las obras de drenaje tipo bajante escalonada en escollera en los depósitos de sobrantes o rellenos de obra.

En el resto de la traza, se ha actuado sobre el camino de propagación del ruido empleando pantallas acústicas. En total se han instalado 6.300 m² de pantallas, tanto vegetales (figura 21) como de metacrilato, distribuidas por toda la traza los lugares prescritos por el Estudio de Impacto Ambiental. 📍



Fig. 19_ Integración ambiental emboquilles

BIBLIOGRAFÍA

[1] NF 8/1999. Plan Territorial Sectorial de Carreteras de Bizkaia. 18 de mayo de 1999. BOB núm. 92.

[2] DF 135/2006. Decreto Foral sobre seguridad de túneles en carreteras. 11 de octubre de 2006. BOB núm. 195.

[3] DF 134/2008. Instrucciones técnicas de seguridad y explotación en túneles de carreteras. 15 de diciembre de 2008. BOB núm. 240.

[4] Gil, M. Rivas, P. Rojo, L.A., Temiño, Y. Variante Sur Metropolitana de Bilbao. Fase I. Revista de Obras Públicas. 3554, Mayo 2014.

[5] El visón europeo y el urogallo, en peligro de extinción. (24 de julio de 2017). Diario El País.

[6] DF 118/2006. Plan de gestión del visón europeo, mustela lutreola (Linnaeus, 1761), en el Territorio Histórico de Bizkaia, como especie en peligro de extinción y cuya protección exige medidas específicas. 6 de julio de 2006. BOB núm. 129.

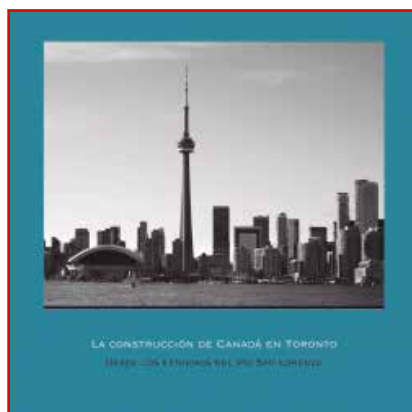


Fig. 21_ Pantallas vegetales en el enlace de Muntzaratz

A black and white photograph of a stack of books. The top book is open, with its pages fanned out, creating a fan-like shape. The pages are light-colored, and the binding is dark. The stack consists of at least four books, with the spines visible on the left side. The background is a blurred, out-of-focus image of what appears to be a library or bookstore, with shelves and books visible in the distance.

Libros

**RESEÑAS DE LAS ÚLTIMAS
NOVEDADES EDITORIALES**



LA CONSTRUCCIÓN DE CANADÁ EN TORONTO. DESDE LOS EXTREMOS DEL RÍO SAN LORENZO

Miguel Aguiló

ACS, 2019

En la lección inaugural de la cátedra de semiología literaria que Roland Barthes dictó en el Colegio de Francia en 1977, afirmaba el autor de Fragmentos de un discurso amoroso que «hay una edad en la que se enseña lo que se sabe: pero inmediatamente viene otra en la que se enseña lo que no se sabe: eso se llama investigar. Quizás ahora arribe la edad de otra experiencia: la de desaprender, de dejar trabajar a la recomposición imprevisible que el olvido impone a la sedimentación de los saberes, de las culturas, de las creencias que uno ha atravesado. Esta experiencia creo que tiene un nombre ilustre y pasado de moda, que osaré tomar aquí sin complejos, en la encrucijada misma de su etimología: Sapientia». Hace años que el ingeniero de caminos y profesor Miguel Aguiló alcanzó este último estadio sapiencial, y así se confirmó —muy señaladamente— en 2013, con la publicación de un libro de reflexión imprescindible: Qué significa construir. Claves conceptuales de la Ingeniería Civil.

El libro que hoy reseñamos constituye el séptimo de una colección titulada “Ciudades”: Madrid, Nueva York, Ber-

lín, Sídney, Londres, San Francisco y ahora Toronto [con anterioridad, y editados también por ACS, el profesor Aguiló había catalogado la obra pública española, y no sólo, en la colección “Obras de Arquitectura e Ingeniería”].

Afirma en la “Introducción” del libro el último Premio Nacional de Ingeniería Civil que «el río se nos presenta como territorio de ingenieros por sus canales, presas, puentes y centrales hidroeléctricas», pero que también habría de ser preocupación del ingeniero «el modo de vivir las redes, el espacio y las formas construidas». De eso tratan este libro y los anteriores.

A juicio de Juan Benet «es muy difícil inventar un ensayo»: Miguel Aguiló lo construye, y los andamiajes se quieren firmes: una información gráfica cuidada y excelente, una profusión de datos ingente, y una bibliografía escogida y amplia.

De lo último vale decir que se incluyen al final del libro 86 referencias —en castellano y en inglés—, todas ellas pertinentes para entender «la influencia de la forma de lo construido sobre el comportamiento de los ciudada-

nos». Vale citar Stroll: *Psychogeographic Walking Tours of Toronto* (2010), de Shawn Micallef, para notar que las preocupaciones del ingeniero autor del libro no se limitan a lo construido, sino a «el uso de lo construido».

A más de las numerosísimas y muy variadas fotografías que llenan el libro –y que lo ‘construyen’– sabe el autor que no se calibra la «potencia geográfica de un país» sin conjuntar –por venir al título de la novela de Houellebecq– el mapa y el territorio: valgan como ejemplo el “Sistema de navegación: ríos y canales” de la pág. 32, el “Toronto Waterfront” de la pág. 180 –en ambos casos, y como casi en todos los demás, grafismos de elaboración propia– o el “Mapa de transportes de Toronto” de la pág. 93. Vale también subrayar en lo formal una particularidad de los libros de la colección: los textos que figuran en el margen de las páginas a modo de ladillo, que resumen lo principal y valen de guía y atajo al lector perezoso.

De los profusión de datos técnicos, estadísticos y de todo tipo vale decir que en absoluto se presentan como un alarde –por otra parte inútil en la era del big data–, sino que pretenden y logran “explicar” el territorio, ya sea la relación entre el precio de la vivienda y la renta media de 1953 a 1981 (pág. 136), ya sea para entender la *longue durée* de lo construido (vide cronología de la pág. 313: “Fechas del desarrollo de la línea de costa de Toronto”).

Del contenido del libro en sí, hay que fijarse en el índice, que delata prima

facie a todo ensayo: «denso, diseñado y habitable», por calificarlo con el título del capítulo 5.

Los primeros cuatro capítulos se puede entender lato sensu que describen de un modo felizmente singularísimo la construcción –e incluso algún declive– de las infraestructuras inscritas y circunscritas a Toronto: canales, puentes, centrales hidroeléctricas, ferrocarril, autopistas, metro, colectores... El capítulo quinto y último se refiere a “el uso de lo construido”, un uso para enseñanza y provecho de muchos: «Cuando lo viejo no aguantó, los buenos diseñadores se ocuparon de sugerirlo o recordarlo». Mención aparte merece la revelación del paisaje de Toronto (y de algún alrededor) que hace el autor, fino *connaissanceur* de la materia y estudioso de larga data: «De algún modo, el vidrio verdoso de esa pieza, situada al borde del lago y a pocos metros de Union Station, en el mismísimo centro vital del Downtown, unido al novedoso carácter mixto de su utilización, sirvió de modelo y estímulo para una nueva manera de construir la ciudad».

Por último, cabe reprochar al autor –un reproche menor y acaso caprichoso– el título y subtítulo elegidos, extraños a la gramática castellana y tal vez por ello en exceso distinguidos.

Para terminar, consignemos que a Miguel Aguiló, como al poeta Whitman, Toronto le ha parecido «una ciudad encantadora y apuesta. Se caracteriza por el lago». Volverá. 📧 **Javier Muñoz Álvarez**



EL PAISAJE EN LA INGENIERÍA

Carlos Nárdiz
Cedex, 2019

Hace ahora veinticinco años, comencé a dar clases de “Paisaje en la Ingeniería” en la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de A Coruña. La preocupación por la dimensión paisajística de las obras de ingeniería (fundamentalmente de ingeniería civil), venía al menos de una década antes, nada más terminada la carrera, asociada al valor patrimonial de las obras de ingeniería histórica, especialmente los acueductos y los puentes. En esos momentos, comenzaban a realizarse estudios y tesis doctorales, como la de Miguel Aguiló sobre la fragilidad visual del paisaje, que luego él mismo explicó en cursos de doctorado a comienzos de los años 80. En esos estudios se buscaba una objetividad, apoyada en construcciones geométricas y valoraciones cuantitativas, que trataban de obviar la subjetividad de las relaciones con el “paisaje construido”, que había sido hasta entonces la aproximación tradicional a los estudios del paisaje, incluidas las representaciones sobre las afecciones de las obras de ingeniería civil.

En la búsqueda de esta objetividad, estaba el esfuerzo que se venía realizando en otros países por introducir el

paisaje en la ordenación del territorio primero, y en los estudios de impacto ambiental después, con la defensa que hacía ya Ángel Ramos a finales de los años 70 de la planificación del paisaje como paso previo a todo proyecto de ordenación o de intervención en el territorio.

Al análisis de la calidad visual, para determinar la fragilidad y capacidad del paisaje para acoger determinadas intervenciones (como las de las obras de ingeniería), se fue añadiendo el análisis de la calidad estética, que comentamos en el capítulo 3, con una imagen fragmentada de los componentes del paisaje, que si bien introducían una metodología de análisis, mostraba sus contradicciones respecto a una mirada integradora como es la paisajística.

En apoyo de esta mirada integradora se habían manifestado el arte y la filosofía, poniendo la experiencia estética y espacial en primer término, y de ella han participado también la arquitectura y la ingeniería, en la lectura y en el proyecto de las construcciones artificiales sobre emplazamientos singulares, convirtiendo el acto de proyecto (y también de la obra construída), en

una experiencia estética y paisajística, en la que el saber mirar forma parte de la cultura del proyectista o del observador.

Los diferentes lenguajes en los que se ha apoyado la formación del arquitecto y del ingeniero, unida a la diferente funcionalidad y naturaleza urbana o territorial de las obras de arquitectura e ingeniería, ha determinado una diferente formación, que en términos extremos, se ha aproximado más en el primer caso a las bellas artes, y en el segundo a la ciencia y a la técnica, aunque ambos son susceptibles de participar de ambos lenguajes.

La alteración que las obras de ingeniería civil, por su escala, suponen de las formas geográficas y de los procesos naturales, ha hecho, que la experiencia de habitar, que acerca a las obras de arquitectura a los ciudadanos, no haya sido relacionada en igual medida con la experiencia de comunicar, abastecer, proteger, etc., habiéndose entendido de forma negativa en sus relaciones tanto con el paisaje como con el medio ambiente. Solamente a través de su obsolescencia funcional, al ser relevadas por otras obras de ingeniería, han sido reconocidas (aunque con recelos por su funcionalidad y su carácter de obras públicas), formando parte del patrimonio cultural, por su papel constructor del paisaje. Pero a este reconocimiento solo han sido merecedoras las obras de ingeniería del pasado, mientras que las obras del presente, que requieren del conocimiento de su razón y ser, no han sido en general comprendidas por la crítica (mayormente apoyada en la historia del arte, o en las ciencias ambientales, como la ecología), ajena al lenguaje de la ingeniería, olvidando que la valoración de estas obras (como ocurre también con la pintura, la literatura, la escultura, la arquitectura, la fotografía, etc.) requiere también del conocimiento.

Por eso en este libro, que trata aparentemente de una mirada a las obras de

ingeniería en la que no se debería de profundizar en los aspectos funcionales, estructurales o constructivos que las justifican, se hace un esfuerzo por recoger de forma transversal estos aspectos, como aproximación inicial para comprenderlas y valorarlas, con sus transformaciones históricas.

En el Capítulo 1, en el que se reflexiona en general sobre el paisaje, nos ha parecido necesario destacar la nueva dimensión paisajística que adquieren las obras construidas como consecuencia de su localización o emplazamientos (decisión del proyectista), la mirada desde el arte y la técnica, a través de los medios de representación del paisaje, y la actuación de la Administración frente al paisaje, que ha ido cambiando progresivamente (a partir de los estudios previos de impacto ambiental), sobre todo a partir del Convenio Europeo del Paisaje del año 2000, que han ido interiorizando las legislaciones específicas para la protección, gestión y ordenación del paisaje, con la consideración del llamado "paisaje cultural". En el capítulo reflexionamos también sobre la nueva mirada al paisaje urbano, desde planteamientos ecológicos, en relación a los espacios libres de la ciudad, aunque se salga de los objetivos de este libro.

En el Capítulo 2, a la reflexión histórica sobre la enseñanza del Paisaje en la Ingeniería, que estaba presente desde los primeros planes de estudios de los años 40 del siglo XIX en la profesión de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (siguiendo la tradición anterior francesa), se unen las reflexiones de aquellos ingenieros que han valorado el paisaje como elemento fundamental del proyecto de las obras de ingeniería, y la lectura crítica que se ha hecho del mismo desde los estudios de planificación e impacto en relación a las obras de ingeniería.

En el Capítulo 3, se recoge un resumen de los métodos y las técnicas de análisis y valoración del paisaje. Frente a

otras publicaciones sobre el paisaje, en las que el centro de las mismas son esos métodos y técnicas, en este libro se ha querido dejar solo constancia de las mismas, para estudiar a partir de ellas en los capítulos siguientes (en los que se trata de profundizar en el paisaje de cada tipo de obra civil) en la práctica profesional de los estudios paisajísticos de cada obra concreta, en función de la naturaleza de cada obra, con su carga funcional, estructural y constructiva. De esta manera, cada capítulo, se inicia con una referencia al paisaje histórico de las mismas, en donde en el caso de las obras de ingeniería, no pueden desligarse de su localización, por lo que en el Capítulo 7, relacionado con el paisaje de los ríos, y en el Capítulo 10, relacionado con el litoral, el emplazamiento de las obras se convierte en el referente del paisaje de las mismas.

Caminos y carreteras forman una continuidad en el tiempo, y a ellas dedicamos el Capítulo 4, por su doble relación con el paisaje, como elementos construidos que han dejado sus huellas, que van más allá de sus elementos físicos, al haber soportado históricamente la construcción del territorio (incluidas las villas y ciudades), y por permitir su recorrido unas relaciones paisajísticas que no serían posibles sin su presencia. En este sentido, frente al paisaje estático de otras obras construidas, el paisaje con el que nos relaciona su recorrido es dinámico, en el que se integran geografía y movimiento. Su linealidad, por otra parte, ha sido enriquecedora de teorías paisajísticas y urbanísticas, tanto a nivel urbano como territorial, en donde la reivindicación del patrimonio cultural y paisajístico de los caminos y carreteras históricas, crecientemente aceptado por la sociedad, debería extenderse también a las carreteras actuales, no siembre bien proyectadas, con afecciones al paisaje y la naturaleza, pero cuando lo son, se convierten en una parte fundamental de la lectura paisajística y cultural del territorio atravesado.

Aunque los caminos y carreteras que se han integrado en la trama urbana, se han convertido en las mejores calles de las villas y ciudades, siguiendo un proceso histórico que viene desde la antigüedad, la construcción de viarios especializados de acceso, al servicio del automóvil, especialmente a partir de mediados del siglo XX, ha generado paisajes con vías radiales y periféricas de acceso a las ciudades, a través de las cuales se reconoce hoy la ciudad actual, planteando problemas de integración, cuando han sido rebasadas por el tejido urbano. Con la búsqueda de un nuevo modelo de acceso a la ciudad, con la transformación de las vías construidas en los años 60 y 70, se han enfrentado las ciudades a partir de los años 80, a través de su transformación en avenidas, bulevares o parques lineales, con el reconocimiento actual (aunque no generalizado) de las limitaciones del viario de acceso a las ciudades, con la mejora de sus elementos funcionales, y la intervención en carreteras para la recuperación del espacio público y el paisaje urbano. A ello dedicamos el Capítulo 5.

El Capítulo 6 lo dedicamos a los puentes. Junto a la aproximación resistente, constructiva y funcional a los puentes, la aproximación a la forma y al paisaje creado y transformado por los puentes, se relaciona con toda una tradición histórica, en la que a las normas de proyecto para cada tipo de puente (incluidos los condicionamientos que plantean los puentes urbanos y su capacidad para construir el paisaje urbano de las ciudades), se unen consideraciones estéticas y paisajísticas, que han ido cambiando en el tiempo, en las que se reconocen las relaciones del proyectista con el emplazamiento del puente, y la aceptación de los ciudadanos de la obra construida. Posiblemente ninguna obra de ingeniería se destaca tanto sobre el paisaje como los puentes, aunque hay otras obras que tienen mayor capacidad de transformación.

El paisaje de los ríos va más allá de las obras de ingeniería, que han intentado aprovechar, canalizar o atravesar sus aguas. A ellos dedicamos el Capítulo 7. La capacidad de transformación que han tenido estas obras, especialmente en áreas urbanas y periurbanas, nos permite aproximarnos a los ríos como un paisaje cultural (no solo natural). A ello contribuyen las presas y canales de derivación históricas, las fábricas hidráulicas, los muros, muelles y rampas para el acceso a las aguas, los propios puentes, los poblados asentados en sus márgenes, que a partir de la segunda mitad del siglo XIX, subirán de escala con los encauzamientos para la protección de las inundaciones, y la construcción de grandes presas para el aprovechamiento de las aguas para el riego, o para la generación de energía eléctrica. El carácter de los ríos como ecosistemas, más allá del cauce normal, determinó a finales del siglo anterior una nueva mirada a los ríos, apoyada en obras de restauración de sus márgenes, con intervenciones en el caso de los ríos urbanos, para integrarlos en las zonas verdes o en los parques públicos del entorno, a todas las escalas, como una experiencia europea, que nos está señalando el camino futuro, con intervenciones también en nuestro país, que han servido de modelo.

El paisaje de los canales y las presas, del que nos ocupamos en el Capítulo 8, podríamos asimilarlo también al paisaje de los ríos, como en el caso de las obras históricas, por la escala de los canales de navegación y de riego a partir del siglo XVIII (con precedentes históricos anteriores), permitiendo entenderlos de forma autónoma, por ser independiente además del cauce de los ríos. Los canales de navegación, extendidos de forma lineal a escala territorial para unir las cabeceras de los ríos con el mar, y los canales de riego, sin los cuales no sería posible la transformación paisajística de las tierras áridas del entorno, constituyen en sí mismos elementos de lectura del

paisaje, al igual que los canales e instalaciones de abastecimiento de agua, con continuidad desde la antigüedad. Igual ocurre con las presas, a partir de finales del siglo XIX (aunque con precedentes en los siglos anteriores), cuyos efectos negativos para el ecosistema fluvial, pueden ser compensados, al menos parcialmente, con la valoración patrimonial y paisajística de las presas, lectura que sin embargo es más compleja en el caso de los embalses, por su capacidad de transformación a escala geográfica.

Igual autonomía tiene el paisaje del ferrocarril, al que dedicamos el Capítulo 9, al necesitar de una infraestructura nueva, diferente de los anteriores caminos y carreteras, que especializó la franja territorial recorrida por el ferrocarril, incluido el acceso a las estaciones en las villas y ciudades. Este papel le corresponderá en las últimas décadas del siglo XX al ferrocarril de alta velocidad, que distorsionará el paisaje anterior del ferrocarril tradicional, incluido también el acceso a las ciudades. Hay un paisaje histórico del ferrocarril, que forma parte de la memoria colectiva, con el cual todavía nos podemos relacionar en líneas de débil tráfico, e incluso cuando las vías han sido levantadas para transformarlas en vías verdes, en donde todavía las estaciones decimonónicas (a partir de sus transformaciones posteriores), siguen jugando parte del paisaje de las ciudades, en entornos urbanos crecidos en torno a ellas. Las operaciones realizadas para la integración del ferrocarril en la ciudad, han estado asociadas a la potenciación de la intermodalidad, con los medios guiados de transporte público (tranvías y metros ligeros), que han constituido un nuevo paisaje en las ciudades que se ha integrado en sus tramas urbanas a través de su modernización. Igual ha ocurrido con los metros subterráneos y los ferrocarriles suburbanos, que forman parte del trayecto diario de millones de personas en las grandes ciudades, por lo que su aproximación no puede ser

solo funcional, sino también paisajística. El nuevo paisaje del ferrocarril de alta velocidad, forma parte también de forma creciente del paisaje diario, aunque sea a escala territorial, trivializando aparentemente el viaje respecto al ferrocarril tradicional, y constituyendo un nuevo paisaje con sus líneas de nuevo trazado y sus estaciones selectivas en las ciudades.

Al paisaje litoral dedicamos el Capítulo 10, aunque la definición del litoral, va más allá de lo que los ingenieros entendemos por costa, afectada por las intervenciones del hombre y por la dinámica litoral. Las formas de la costa caracterizan el paisaje litoral (más allá de la apropiación que el hombre ha hecho de las mismas con edificaciones y vías de comunicación), en costas acantiladas, bajas y arenosas, en donde junto a las prominencias de la costa, con cabos, puntas, promontorios, tómbolas, bahías, rías, deltas, playas, flechas, etc., hay que considerar las formas marinas, en una diversidad de paisajes, que aquí hemos querido singularizar en los distintos mares de la Península Ibérica. A la estabilidad de las formas arenosas, afectadas por la dinámica litoral y las obras del hombre en la costa, ha contribuido la ingeniería, con obras duras desde el punto de vista paisajístico, por la degradación a la que había llegado la costa, y obras blandas, reclamadas hoy por la Administración y los ciudadanos, pero en las que se siguen cometiendo errores, en los que lo funcional, lo estructural y lo económico, predomina sobre lo paisajístico, en espacios tan frágiles como los de las costas. A ello ha contribuido la nueva mirada al litoral derivada de la construcción de paseos y sendas, en espacios que anteriormente tenían un carácter marginal en las ciudades, o que estaban ocupados de forma especializada.


Finalmente el Capítulo 11 lo dedicamos al paisaje de los puertos, como geografía artificial, que se superpone a la natural para el abrigo de las embar-

caciones, para la carga y descarga de las embarcaciones, y su relación con el tráfico terrestre. El paisaje histórico de los puertos, está en la pintura, hasta el siglo XVIII, en la fotografía, a partir del siglo XIX, y con él nos podemos relacionar a pesar de la transformación de las actividades, cuando visitamos los puertos, que junto con el emplazamiento, están en el origen y en el crecimiento de las villas y ciudades, con sus muelles, embarcaderos y dársenas de agua. El acceso natural o artificial a los puertos, aparece señalado por los faros, que se generalizarán a partir de los planes de alumbrado marítimo de finales del siglo XIX, y que han dejado una doble presencia paisajística, la derivada de su emplazamiento, y la derivada de sus torres, que determina su presencia en tierra.

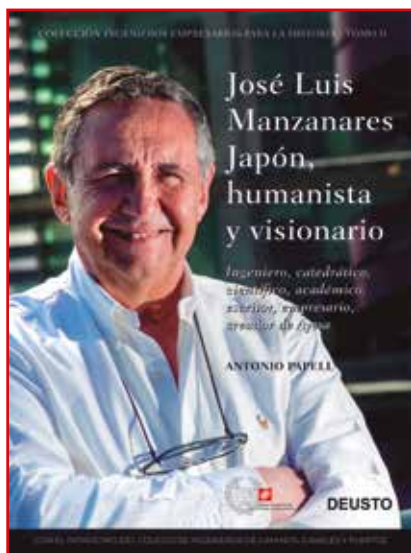
Las obras fundamentales de los puertos, junto con los muelles, son los diques, necesarios para asegurar la calma exigida de las aguas dentro de las dársenas, cuya presencia funcional y paisajística, depende de las condiciones de abrigo frente al oleaje, con distintos tipos, resultado de la evolución de la ingeniería, que conforman hoy el paisaje transformado de los puertos de carácter comercial o pesquero. Como una variedad de los puertos, se han tratado aquí también los puertos deportivos, en los que se están transformando las anteriores dársenas, o resultado de la construcción de nuevas dársenas asociadas a partir de los años 60 del siglo XX, al turismo náutico y a la segunda residencia. El capítulo lo terminamos con las experiencias actuales de reutilización del frente portuario de las ciudades, resultado de las transformaciones tecnológicas y funcionales de los puertos, y de la búsqueda en las ciudades de una relación diferente con el mar, integrada en la red de espacios públicos, con distintos modelos en América y en Europa a partir de los años 60 y 70, que hoy se han generalizado en la mayor parte de las ciudades portuarias, y en las que se manifiestan las grandes transforma-

ciones paisajísticas que están viviendo los frentes portuarios de las ciudades.

Un libro como éste, tiene unas fuertes dependencias e influencias, que se trasladan a la bibliografía, que se ha querido desglosar en capítulos, con la repetición de algunos libros, y en la que solo se recogen aquellas referencias que son expresamente citadas en las notas o en las imágenes que acompañan a cada capítulo.

Estas dependencias se refieren también a aquellos que han ido escribiendo sobre el paisaje en la ingeniería, que se integran en los textos de los distintos capítulos. En este sentido, no es un libro nuevo (aunque sí en su planteamiento conceptual), sino un reflejo de una experiencia docente y profesional, que espero que sea compartida. 

Carlos Nárdiz



JOSÉ LUIS MANZANARES JAPÓN, HUMANISTA Y VISIONARIO

Antonio Papell

Colección Ingenieros
Empresarios para la historia.
Tomo II. Deusto, 2020

En las muchedumbres que son el acompañamiento de nuestra vida, la inmensa mayoría de los transeúntes son personas normales que conducen su vida en una dirección determinada, realizan su trabajo específico con mayor o menor dedicación y con fortuna variable, van en pos de la felicidad como cualquier mortal, triunfan o fracasan, pasan a la posteridad o ser desvanecen en cualquier punto del remolino de la vida. Pero de vez en vez, aparece un individuo pluridimensional, cargado de inquietudes, que cuando alcanza una meta profesional se apresura a marcarse la siguiente; que al advertir que su disciplina preferente tiene saberes complementarios no duda en abarcarlos todos, en ampliar su ángulo de visión; que a medida que madura va colmando una serie de curiosidades, ampliando sus aptitudes, creciendo a los ojos de la comunidad.

José Luis Manzanares, cuya característica esencial es ser ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, es uno de esos personajes que, partiendo de una vocación improvisada, comienza a avanzar en todas direcciones hasta colmar sucesivas metas en ámbitos distintos, hasta crear una personalidad

compleja y polifacética que, en este caso, desborda la primigenia profesión, llega a la cátedra, consigue fecundar en una gran empresa y abarca la academia, la investigación científica, el ensayo técnico, social y literario. Nacido en el popular barrio de Triana, en la Sevilla de la posguerra, con intermitentes apagones de luz e inundaciones periódicas del vecino Guadalquivir, hijo de un perito industrial que, asomado a la clase media, padecía las escaseces de la época, formó parte de una pequeña elite cuyos progenitores, miembros de la Peña Trianera, entendieron la necesidad de que la generación siguiente se formara lo mejor posible para que sus miembros -ha escrito el propio Manzanares- "llegaran a ser los artífices de la otra primavera sevillana. Aquella que hiciera olvidar con su luz la penumbra del invierno del subdesarrollo". José Luis, alumno aventajado, habituado desde muy niño a leer y a asimilar lo leído, crecido en un ambiente de rigor y esfuerzo, estudió Caminos por la sencilla razón de que era por aquel entonces la carrera más difícil, y se enfrentaría por tanto al reto más pugnaz; su padre, en cambio hubiera preferido por razones sentimentales la ingeniería industrial.

Aquella decisión, que le llevaría a comenzar a cursar el selectivo en Caminos en 1956, le obligaría a desplazarse a Madrid, gracias a una beca y con las consiguientes estrecheces, y el jovenísimo Manzanares tuvo que adaptarse a las inclemencias de una ciudad grande, aunque acogedora, como Madrid. Al acabar la carrera en 1964 Juan Batanero propuso a quien había sido su discípulo y su aprendiz en “Babor” ocupar una plaza de investigador en el Instituto Eduardo Torroja, un destino apetecible para un joven apasionado con el estudio y el conocimiento, pero prevaleció el compromiso moral con su tierra, Andalucía, y decidió regresar Sevilla, donde le hubiera gustado crear una especie de “Babor” andaluza, pero carecía de recursos, e ingresó provisionalmente en la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Allí, su director, José María Rodríguez Gabás, cuyo influjo fue importante en su vida futura, le entrevistó, admitió y destinó a la obra de la presa de Iznájar (provincia de Córdoba), uno de los mayores embalses de España, después de una breve estancia en Córdoba y Palma del Río. Explica Manzanares (2): “Era el comienzo de la década de los sesenta y en aquel momento no teníamos de nada: ni camiones, ni herramientas, ni maquinaria. Tuvo la suerte de que su jefe, Guillermo Bravo, recibía todas las publicaciones norteamericanas del Bureau of Reclamations y del Corps of Engineers, por lo que estaba rabiosamente al día. Y encargó a Manzanares las tareas más delicadas. En Iznájar conoció a José Luis Fernández Casado e hizo amistad con Alonso Franco, con quien colaboró años después en las presas que el propio José Luis proyectó. La experiencia acopiada por Manzanares en Iznájar fue decisiva para su aprendizaje.

En 1965 se casó con Ana en Bilbao y fue destinado a Granada a proyectar el contraembalse de Bermejales y preparar el estudio de hormigones de la presa bóveda de Quéntar. Poco después de casarse, viviendo el matrimo-

nio en la Sierra de Córdoba, recibió la oferta de su vida: Gabás, que estaba soltero a sus 70 años y que no pensaba en jubilarse de su actividad, le propuso acompañarle en la aventura de abrir una empresa de ingeniería, algo muy parecido a una gran locura en la Sevilla de los años 60. De este modo, regresó en 1966 a Sevilla, ciudad que ya no abandonaría nunca.

Así nació AYESA, una empresa con un jefe que aportaba sus escasos recursos y sus muchas amistades, aunque no su trabajo (sólo pensaba en entretenerse con aquella aventura) y un único empleado, Manzanares. Aquel embrión empresarial vivió los dos primeros años del impulso que le aportó su viejo fundador. Pero a poco Manzanares entendió que sólo saldrían adelante si eran capaces de competir mediante una oferta diferente de la tradicional. Manzanares creyó que podían lograr trabajo ofreciendo tecnología, informática — aún novedosa e incipiente— y rigor. El IBM 1130 de la Escuela de Ingenieros, un artefacto todavía en mantillas, le sirvió para ello. El primer proyecto que lograron adjudicarse fue el de la presa de Cancho de Fresno, pero la consagración de AYESA se produjo en 1967 cuando Madrid sacó a concurso el modelo matemático de la red de aguas del Canal de Isabel II. Buscaron tecnología en París y en Lausana e hicieron una gran oferta que resultó ganadora.

Los quince primeros años de la vida de AYESA estuvieron volcados al mundo del agua. Poco a poco se ganó la confianza de todas las confederaciones hidrográficas españolas, que encargaron a la ingeniería presas, canales y regadíos. Manzanares, con su innata curiosidad, mejoró los sistemas foráneos, elaboró los programas informáticos necesarios para optimizar el rendimiento de las instalaciones, diseño compuertas y artilugios, ideó métodos de cálculo para la estabilidad de taludes, distribución de agua, etc. Todas sus herramientas eran de vanguardia, y poco a poco comenzó a recibir encargos en

estructuras, carreteras y urbanismo. A finales de los setenta, AYESA era la empresa líder del sector en Sevilla y una de las más importantes de España y se había convertido en una punta de lanza tecnológica desde Andalucía en modelística hidráulica y en mecanismos de control de compuertas y regadíos

El socio fundador, Rodríguez Gabás, falleció en 1981, y su busto preside desde entonces la sala del consejo de AYESA, una compañía que ya estaba totalmente identificada con la figura profesional de Manzanares, quien desde entonces inició un proceso de compra de acciones, que concluyó en 1987; hoy, la familia ostenta íntegramente la propiedad.

En 1982, AYESA logró su primer proyecto internacional: los riegos de Santa Elena en Ecuador. José Luis fue personalmente a abrir su primera oficina en Guayaquil. Y en 1984, Sevilla fue agraciada con la Exposición Universal de 1992, con Manuel Olivencia como comisario. Dicho evento supuso un cambio radical en la vida de AYESA y en la de su propietario y colaboradores.

Manzanares tuvo una vida académica bastante completa a pesar de no dedicarse en exclusiva a ella. Incorporó el cálculo de estructuras con ordenador a las enseñanzas de la Arquitectura, mucho más apropiado para la mentalidad arquitectónica, que odiaba la paliza de números del método de Cross, hasta entonces la única herramienta. Al mismo tiempo, incluyó muchas clases de diseño estructural y siguió los pasos del “Razón y ser” de Torroja.

José Luis Manzanares no ha ocultado su vocación investigadora, y en ello ha residido probablemente la mayor parte de su éxito empresarial. Porque su empresa de ingeniería no se ha limitado a proyectar conforme a los conocimientos técnicos estándar, sino que ha sido un verdadero centro de investigación que con frecuencia ha ofrecido soluciones innovadoras.

Asimismo, es un escritor muy prolífico, que ha publicado numerosos escritos técnicos pero también artículos periódicos de opinión sobre asuntos generales, ensayos de actualidad sobre la coyuntura socioeconómica y actualmente tiene en prensa un ensayo científico-filosófico muy novedoso sobre la Creación.

José Luis Manzanares, con una gran curiosidad expansiva y una tendencia a abarcar todo lo que cabe bajo su ámbito de influencia, ha dedicado particular atención intelectual a varios grandes temas sobre los que ha producido abundante bibliografía. He aquí los principales temas que ha abordado:

- La reivindicación del valor de la Obra Pública. La defensa de la ingeniería frente al conservacionismo radical. La anonimización del ingeniero. El valor civilizatorio de la hidráulica: “Los hombres del agua”. Un ensayo histórico sobre la hidráulica: “Las puertas del agua”.


- La reclamación de la autoría. La puesta en valor del ingeniero-autor. La incorporación de la estética. Contra la despersonalización del ingeniero.

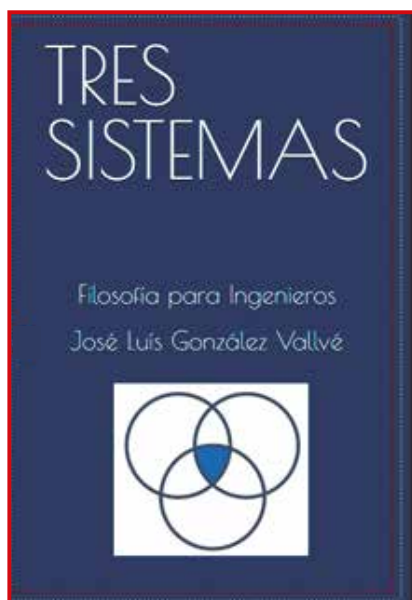
- En busca de un estilo personal: las estructuras épicas.

- Una visión racional y tecnológica del cambio climático.

Entre los numerosos premios y reconocimientos que ha recibido José Luis Manzanares durante su dilatada vida profesional, destacan los de

- Académico de la Real Academia Sevillana de Ciencias, en 1996.

- Académico de la Academia de Ciencias Sociales y del Medio Ambiente de Andalucía, en 2008. 



TRES SISTEMAS. FILOSOFÍA PARA INGENIEROS

José Luis González Vallvé
2020

Estas reflexiones, nacen de una inquietud basada en:

- la parcialidad intelectual de las disciplinas sectoriales, y sus distintas aproximaciones “profesionales”, cada una con su gran vanidad, ignorando e incluso despreciando que todas ellas nacen del cerebro humano, de donde la conveniencia, si no necesidad, de disponer de una cierta Unidad de Pensamiento;
- el predominio existente en España de las “ciencias sociales”, tanto en el abordaje como en el tratamiento funcional de los problemas;
- el atavismo de pensar con las viejas tesis, y que con ellas se puede pretender una explicación y una mejor coordinación para actuar en la nueva y compleja globalidad; y
- la constatación de progreso en “zoom” de las disciplinas parciales, pero no tanto en una perspectiva común que podríamos llamar Filosófica.

Por ello, parece pertinente, conocer y comprender esas diferencias y sus efectos en el quehacer conjunto y en el cómo optimizarlo, sobre el ámbito en el que existimos y que, aunque para el Ingeniero este centrado en el Sistema Artificial, tiene impacto determinante sobre el Sistema Natural y sirve al Sistema Social, de donde la necesidad de considerarlos todos en su intersección

que es el Ámbito de nuestra existencia y de nuestra actividad; De forma que pretendo:

- Identificar las limitaciones que tiene la aspiración humana por Conocer.
- Intentar una Perspectiva Superior al considerar el ámbito en el que existimos como intersección de los tres grandes sistemas intervinientes en su configuración; Sistema Natural SN; Sistema Social SS y Sistema Artificial SA; en cada uno de los cuales son pertinentes diferentes tipos de conocimiento, actitud y responsabilidad, evidente, cuando se han tenido formaciones tan dispares como la Ingeniería y el Derecho.
- Analizar las pautas de evolución de esa Intersección SS(SA)-SN.
- Plantear una noción de Campo de Conocimiento.
- Plantear la actividad en el ámbito (territorio y su ordenación), como una intersección proyectiva, analizando las diferentes posibilidades de establecer situaciones futuras respecto de cada uno de los sistemas intervinientes: SS, SN y SA.
- Proyectar la evolución histórica hacia una mejora práctica epistemológica y ética. @ **José Luis González Vallvé**

Máster en TECNOLOGÍA DIGITAL E INNOVACIÓN EN INGENIERÍA

FEBRERO - DICIEMBRE 2020



Módulo I	TRANSFORMACIÓN DIGITAL (5 créditos)
Módulo II	BUILDING INFORMATION MODELING, BIM (5 créditos)
Módulo III	BIG DATA Y ANALÍTICA DE DATOS EN INGENIERÍA. DATOS ABIERTOS (5 créditos)
Módulo IV	DIRECCIÓN Y GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN EN LA INGENIERÍA Y LAS OBRAS PÚBLICAS (5 créditos)
Módulo V	TERRITORIO INTELIGENTE (5 créditos)
Módulo VI	SERVICIOS DE TRANSPORTE INTELIGENTE (5 créditos)
Módulo VII	CIBERSEGURIDAD Y PROTECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS CRÍTICAS (5 créditos)
Módulo VIII	INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y BLOCKCHAIN. APLICACIONES A LA INGENIERÍA CIVIL (5 créditos)
Módulo IX	MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL DE LA DIGITALIZACIÓN DE LA ECONOMÍA Y LA SOCIEDAD (5 créditos)
Módulo X	TRABAJO FIN DE MÁSTER (TFM) (15 créditos)

Carga lectiva: 60 créditos ECTS



2ª EDICIÓN



Colegio de
Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos

INFORMACIÓN Y RESERVA DE PLAZA

91 700 64 62 master.tidi@ciccp.es

UNED

Somos los caminos que elegimos

Nadie llega a ser lo que es sin tomar decisiones. Y una decisión es, a fin de cuentas, como un camino.

Nosotros hemos elegido el de la transparencia y el compromiso para llegar donde más queríamos estar: a tu lado.

bancocaminos.es



**Banco
Caminos**
BANCO PRIVADO