

Patrimonio Industrial

ARQUEOLOGÍA INDUSTRIAL

Estudio de las bodegas de Aranda de Duero

INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES LABORALES

Análisis y evaluación de la investigación de accidentes laborales como técnica preventiva en España

DISEÑO GENERATIVO

El estado del arte

ILUMINACIÓN DE FUENTES ORNAMENTALES

Mediante tecnología led.
Prescripciones de reglamentos y normativa

HOMOLOGACIÓN DE VEHÍCULOS FERROVIARIOS

Mejora de la trazabilidad del proceso de homologación: metodología y caso de aplicación

REPORTAJE

El Canal de Castilla, el sueño de la meseta castellana por alcanzar el mar

ENERGÍA

Energía hidráulica reversible, el futuro de las centrales hidroeléctricas

ENTREVISTA

María Moro, experta en patrimonio industrial y miembro del TICCH

El Consejo General de Colegios de Ingenieros Técnicos Industriales de España (COGITI), ofrece de manera GRATUITA todas las acciones formativas que componen el programa de formación amparado por la convocatoria para la concesión de subvenciones públicas para la ejecución de programas de formación de ámbito estatal, dirigidos prioritariamente a personas ocupadas y que fue aprobada mediante resolución de 18 de enero de 2019, del Servicio Público de Empleo Estatal. El programa tendrá un alcance de 4.200 alumnos en la modalidad de teleformación que participarán en un total de 70 grupos con una distribución de 60 alumnos cada grupo.

Objetivos del programa:

Aumentar la competitividad del colectivo de Ingenieros Técnicos Industriales y resto de trabajadores del sector de las Empresas de ingeniería y oficinas de estudios técnicos.

Dirigido a:

- Trabajadores por cuenta ajena que ejerzan su labor en una empresa incluida en el Convenio colectivo del sector de empresas de ingeniería y oficinas de estudios técnicos.
- Trabajadores por cuenta propia que estén dados de alta en el Régimen Especial de Trabajadores Autónomos (RETA) o que sean mutualistas (MUPITI, etc.) independientemente de la actividad que ejerzan.
- Desempleados.

Condiciones de participación:

Un mismo participante podrá realizar como máximo 3 acciones formativas que no sumen más de 180 horas de formación.

Cursos ofertados:

- ENAE003PO - Diseño y mantenimiento de instalaciones de energía solar fotovoltaica (100 horas).
- ENAC001PO - Eficiencia energética (70 horas).
- IFCT021PO - AutoCAD 3D (70 horas).
- ENAC018PO - Certificación medioambiental de edificios (60 horas).
- IFCD038PO - MS Project (50 horas).
- ENAE012PO - Introducción a las Energías Renovables (50 horas).
- ENAE008PO - Energía solar térmica y termoeléctrica (100 horas).
- EOCE004PO - Cálculo de estructuras de hormigón con CypeCAD (80 horas).
- ELEE008PO - Normativa y aspectos fundamentales de mantenimiento en líneas de Alta Tensión (80 horas).
- ENAE010PO - Energías renovables: especialidad Biomasa (70 horas).

Información:

Para más información, puede llamar al teléfono **985 79 51 34** o consultar la página web:

www.ingenierosformacion.es.

Plan Ingenia el futuro

Ahora más que nunca, la unión hace la fuerza



FORMACIÓN online de COGITI



INFORMACIÓN ACTUALIZADA



**PORTAL DE LICITACIONES
EUROPEAS**



ACREDITACIÓN DPC Ingenieros



SOFTWARE TÉCNICO



WEBINAR Y TV EDUCATIVA



**NORMAS UNE PARA FABRICACIÓN
EPIS (descarga gratuita)**



ACTUACIONES SOLIDARIAS COLEGIOS



**REVISTA TÉCNICA INDUSTRIAL
en abierto**



YOUNG ENGINEERS



CUESTIONARIO



CLUB COGITI



EN PORTADA Patrimonio Industrial

16 Patrimonio Industrial: un viaje por nuestra historia

El Patrimonio Industrial forma parte de nuestro entorno, como el vestigio histórico propio de las sociedades industrializadas, que merece ser recordado y valorado por lo que ha significado en el devenir del tiempo.

Mónica Ramírez

22 ENTREVISTA María Moro Piñeiro Experta en patrimonio industrial y miembro del TICCH: "Hace falta una legislación específica para el Patrimonio Industrial, como hay en otros países".

26 El Canal de Castilla, el sueño de la meseta castellana por alcanzar el mar El gran sueño fluvial del siglo XVIII cuenta con un espectacular canal de 207 kilómetros, que en su momento de mayor apogeo permitió la navegación de 400 barcasas e impulsó el desarrollo económico de la región.

Mónica Ramírez

32 ENTREVISTA Bea Ansola Garate Directora del Museo de la máquina herramienta de Elgoibar: "Nuestro objetivo es desarrollar el interés y la motivación por la ciencia y tecnología".

Foto de portada: Consorcio para la Gestión Turística del Canal de Castilla.

ACTUALIDAD

08 Energía hidráulica reversible, el futuro de las centrales hidroeléctricas En 2050 la red eléctrica de la Unión Europea deberá ser 100% renovable, pero un sistema eléctrico cuyas fuentes son no gestionables (como el viento, el sol o el agua) exige contar con una alta capacidad de almacenamiento energético.

Marita Morcillo

12 ENTREVISTA Juan Bautista Tomás Gabarrón Director ejecutivo de Qartech Innovations, empresa de base tecnológica de la Universidad Politécnica de Cartagena, dedicada a la sensorización de gases industriales.

Marita Morcillo

14 Inteligencia artificial para frenar una nueva ola del COVID-19 en los hospitales El Hospital Clínic y el Barcelona Supercomputing Center trabajan en un proyecto impulsado por la Secretaría de Estado de Digitalización e Inteligencia Artificial para predecir la evolución de los pacientes de esta enfermedad.

Noelia Carrión

90 Ferias y congresos

ARTÍCULOS

36 ORIGINAL
Análisis y evaluación de la investigación de accidentes laborales como técnica preventiva en España

Analysis and assessment on investigating occupational accidents as a preventive technique in Spain.

Francisco Salguero Caparrós



44 ORIGINAL
Diseño generativo: el estado del arte

Generative design: State of the art.

Lucas García Menéndez, Manuel Domínguez Somonte y María del Mar Espinosa Escudero



50 ORIGINAL
Iluminación de fuentes ornamentales mediante tecnología led.

Prescripciones de reglamentos y normativa aplicable a la instalación eléctrica e iluminación

Illumination of ornamental sources using LED technology. Prescriptions of regulations and rules of application to electrical installation and lighting.

Carlos de la Fuente Borreguero



62 INFORME TÉCNICO
Mejora de la trazabilidad del proceso de homologación de vehículos ferroviarios: metodología y caso de aplicación

Improvement of the homologation traceability process for railway vehicles: methodology and case of application.

Matthias Daniel Escrivá-García, Lina Montuori



70 ORIGINAL
El papel de la digitalización tridimensional y el análisis estratigráfico en el estudio del patrimonio vitivinícola de Aranda de Duero (España)

Study of the cellars in Aranda de Duero, Spain.

Alonso Blaya San Pedro, Silvia Nuere Menéndez-Pidal, Adela Acitores Suz, Alberto Polo Romero, Julio Villalanzo Santamaría, Fernando Blaya Haro



INGENIERÍA Y HUMANIDADES

92 Tras la demia
Luis Francisco Pascual Piñeiro

93 Publicaciones

94 Henry Maudslay, el gran innovador de la máquina herramienta Ingeniero e inventor británico del siglo XIX, Henry Maudslay es conocido como el padre de la industria de la máquina herramienta.

Mónica Ramírez



PROFESIÓN

03 **Editorial** Al servicio de la sociedad y los profesionales

Jesús E. García Gutiérrez

05 **Novedades** Nuestro futuro requiere la complicidad de todos

Santiago Crivillé Andreu

07 **Novedades** Hasta siempre (*Ad usque Semper*)

Luis Fco. Pascual Piñeiro

80 **Conclusiones del estudio realizado por el Comité de Expertos en Ventilación del COGITI**

El muestreo de mediciones realizado en centros educativos por este comité de expertos, confirma la necesidad de contar con medidores de CO₂, como referencia objetiva que indique el tiempo de ventilación natural necesario para mantener una calidad de aire interior apropiada para minimizar el riesgo de transmisión del COVID-19 por aerosoles.



81 **Las empresas siguen demandando ingenieros a pesar de la pandemia**

El portal ProEmpleoIngenieros analiza los perfiles más demandados en el sector industrial, ya que constituyen un perfil clave para impulsar la innovación.



83 **José Antonio Galdón Ruiz, nuevo presidente de INGITE**

El presidente del Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI), José Antonio Galdón Ruiz, será el encargado de liderar a partir de ahora esta nueva etapa, que aspira a unir y reforzar el conjunto de las Ingenierías que forman parte del Instituto de Graduados en Ingeniería e Ingenieros Técnicos de España (INGITE).



84 **“Tecnologías para el mundo 5.0”, mesa redonda de Maker Faire Galicia**

El COGITI ha sido colaborador del mayor evento virtual dedicado al “movimiento maker” y la innovación de España, que se celebró del 18 al 22 de noviembre, y contó con charlas y jornadas profesionales, además de talleres que tuvieron como telón de fondo la impresión 3D.



84 **Vuelve una nueva edición del Barómetro Industrial 2020**

El COGITI, en colaboración con los Colegios de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales, ha lanzado un año más el cuestionario dirigido a los colegiados para que aporten su visión sobre la situación actual del sector industrial.

86 **ENTREVISTA Ignacio Mangut Romero** Profesor en la Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología de la Universidad Rey Juan Carlos: “En el sector de la ingeniería tenemos la suerte de poder encontrar un trabajo prácticamente todos”.

Mónica Ramírez



88 **ENTREVISTA Helena Flores Álvarez** Directora de IT (Information Technology) en ABB. Cofundadora & CEO de Euphoria Studios: “Tenemos que visibilizar la utilidad de las ingenierías y su proyección social”.

Mónica Ramírez



96 **Engineida**



Técnica Industrial Fundada en 1952 como órgano oficial de la Asociación Nacional de Peritos Industriales, es editada por la Fundación Técnica Industrial, vinculada al Consejo General de la Ingeniería rama industrial e Ingenieros Técnicos Industriales de España (Cogiti).

Fundación Técnica Industrial

Comisión Permanente

- Presidente** José Antonio Galdón Ruiz
- Vicepresidenta** Ana M^a Jáuregui Ramírez
- Secretario** Jesús E. García Gutiérrez
- Tesorero** Fernando Blaya Haro
- Interventor** José Luis Hernández Merchán
- Vocales** Antonio Miguel Rodríguez Hernández y Angélica Gómez González
- Gerente** Santiago Crivillé Andreu

Patronos

Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales de España (UAITIE), Cogiti y Colegios de Ingenieros Técnicos Industriales, representados por sus decanos:

- A Coruña** Macario Yebra Lemos
- Álava** Alberto Martínez Martínez
- Albacete** Emilio Antonio López Moreno
- Alicante** Antonio Martínez-Canales Murcia
- Almería** Francisco Lores Llamas
- Aragón** Enrique Zaro Giménez
- Ávila** Fernando Martín Fernández
- Badajoz** Vicenta Gómez Garrido
- Illes Balears** Juan Ribas Cantero
- Barcelona** Miquel Darnés i Cirera
- Bizkaia** Alberto García Lizaranzu
- Burgos** Agapito Martínez Pérez
- Cáceres** Fernando Doncel Blázquez
- Cádiz** Domingo Villero Carro
- Cantabria** Enrique González Herbera
- Castellón** José Luis Ginés Porcar
- Ciudad Real** José Carlos Pardo García
- Córdoba** Francisco López Castillo
- Gipuzkoa** Santiago Beasain Biurrarena
- Girona** Jordi Fabrellas Payret
- Granada** Fernando Terrón Bote
- Guadalajara** Juan José Cruz García
- Huelva** David Muñoz de la Villa
- Jaén** Rafael Fernández Mesa
- La Rioja** Jesús Vellilla García
- Las Palmas** José Antonio Marrero Nieto
- León** Miguel Ferrero Fernández
- Lleida** Ramón Grau Lanau
- Lugo** Jorge Rivera Gómez
- Madrid** José Antonio Galdón Ruiz
- Málaga** José B. Zayas López
- Manresa** Àngel Vilasarau Soler
- Región de Murcia** César Nicolas Martínez
- Navarra** Luis Maestu Martínez
- Ourense** Santiago Gómez-Randulfe Álvarez
- Palencia** Jesús de la Fuente Valtierra
- Principado de Asturias** Enrique Pérez Rodríguez
- Salamanca** José Luis Martín Sánchez
- S. C. Tenerife** Antonio M. Rodríguez Hernández
- Segovia** Fernando García de Andrés
- Sevilla** Ana M^a Jáuregui Ramírez
- Soria** Levy Garjo Tarancón
- Tarragona** Antón Escarré Paris
- Toledo** Ángel Carrero Romero
- Valencia** Angélica Gómez González
- Valladolid** Francisco Javier Escribano Cordovés
- Vigo** Jorge Cerqueiro Pequeño
- Vilanova i la Geltrú** Xavier Jiménez García
- Zamora** Jose Luis Hernández Merchán

Al servicio de la sociedad y los profesionales

Para mí es un gran honor poder dirigirme a todos los miembros de nuestra organización colegial a nivel nacional como Secretario del Consejo General de Colegios de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de España.

Pretendo, con estas líneas, expresar lo vivido y comprobado en este puesto desde que tomé posesión del mismo en enero de 2019. En mi condición de Decano del Colegio de Madrid, hasta diciembre de 2018, no adquirí un conocimiento exacto de la totalidad de funciones que se realizan en el Consejo General, hasta vivir mi experiencia personal como Secretario del mismo.

He visto que se trata de un órgano regulador y de ayuda a todos los Colegios de España, con el único objetivo de defender y representar a nuestra profesión orientando a los Colegios para que, a nivel estatal y jurídico, los problemas colegiales que afectan a nuestra profesión queden defendidos y resueltos, además de no descuidar la formación permanente de los colegiados.

Entre las principales actuaciones que el Consejo ofrece a los Colegios, sobresalen las siguientes:

Desde el Consejo General se continúa avanzando en la línea de la innovación de herramientas digitales. La Plataforma de formación e-learning es un referente a nivel de cursos técnicos, no solo para nuestro colectivo, como bien reflejan los convenios alcanzados con otras profesiones, empresas, universidades y administraciones, que han llevado a nuestra plataforma a superar los 43.000 alumnos, todos ellos ingenieros que han depositado su confianza en nuestros cursos y formadores. El reciente lanzamiento del formato "TV Educativa" para dar clases magistrales mucho más dinámicas será un nuevo atractivo para ponentes de renombre y alumnos.

El prestigio de la Acreditación DPC Ingenieros del COGITI queda patente al ser un modelo de implantación y reconocimiento del desarrollo profesional continuo de profesionales con ámbitos muy diversos, más allá de la Ingeniería, dando respuesta a las directrices creadas desde Europa.

El Portal Proempleoingenieros es la referencia en nuestra profesión a la hora de contratar un ingeniero. Empresas e ingenieros se citan, a través de este portal, para dar respuesta a las ofertas y demandas, sumando otros servicios, como son el coaching, pilot primer empleo, mentoring profesional, etc.

No debo olvidar las recientes actuaciones llevadas a cabo que facilitan software técnico al mejor precio del mercado a todo el colectivo, a través de COGITI TOOLBOX, así como la difusión de información y la realización de seminarios técnicos gratuitos, mediante los socios tecnológicos de este Consejo General o la activación de nuevas líneas de negocio para nuestros profesionales, gracias al reciente lanzamiento del Portal de Licitaciones Europeas del COGITI, que universaliza y hace más fácil su difusión y presentación.

Otra iniciativa que me gustaría destacar es el Servicio de Certificación de Personas del COGITI (acorde a la norma UNE EN ISO/IEC 17024:2012). Esta certificación se entiende como el

proceso mediante el cual una tercera parte independiente asegura que una persona cumple con unos requisitos específicos contenidos en un esquema de certificación. Se trata, por tanto, de un reconocimiento de las competencias del profesional a nivel nacional o internacional, a través de una entidad independiente, y supone una garantía para las organizaciones en cuanto a la competencia del personal.

De este modo, el Consejo General de Colegios de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de España, con la inestimable colaboración de los 49 Colegios que lo integran, desarrolla y promueve una serie de Esquemas de Certificación de diversas áreas de interés, que cuentan con la garantía de encontrarse certificados por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC).

Y termino este repaso por los principales servicios que se ofrecen desde nuestra institución con la Plataforma de Mediación "COGITI - Institución de Mediación" del Consejo General y los Colegios Oficiales de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales, que pone a disposición de la sociedad y de las Administraciones Estatal, Autonómicas y Locales, una herramienta de búsqueda y designación de Ingenieros Mediadores para la intervención en procedimientos de mediación en que, conforme señala la Ley 5/2012, las partes, de forma libre y voluntaria, decidan acudir a este procedimiento para resolver los conflictos que puedan tener.

Por otra parte, en un terreno más personal, quisiera manifestar mi consideración más afectiva a todas las personas que forman los recursos humanos del Consejo, ya que sin su aportación nada de todo lo expuesto anteriormente se hubiera podido llevar a cabo.

El Consejo dispone de tres Ingenieros Técnicos Industriales, dos abogados, un psicólogo, tres administrativas/os y tres periodistas que se ocupan además de la Fundación Técnica Industrial y de la revista *Técnica Industrial*.

Por su parte, la Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la rama industrial de España (UAITIE) dispone de dos personas que gestionan los asuntos de la institución.

Por último, me gustaría reseñar otra posibilidad muy enriquecedora que me ha proporcionado el cargo y es el poder relacionarme con todos los Decanos de los Colegios de España. A todos ellos les hago llegar mi más profundo agradecimiento por brindarme su tiempo y su amistad, algo que guardo como un gran tesoro.

Jesús E. García Gutiérrez

Secretario del Consejo General de Colegios de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de España y de la Fundación Técnica Industrial



**ACREDITACIÓN DPC
INGENIEROS**
JUNIOR SENIOR ADVANCED EXPERTISE
Tu experiencia y formación tienen un valor

Tu experiencia y formación

tienen un valor

El Sistema de Acreditación DPC de Ingenieros, realizado y gestionado por el COGITI, implanta un procedimiento de acreditación del desarrollo profesional continuo (DPC) bajo 4 niveles, que documentalmente valida y acredita la competencia profesional, compuesta por formación y experiencia adquirida a lo largo de la vida profesional del Ingeniero en el desarrollo de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial.

La acreditación como ingeniero, en cualquiera de los niveles, aporta a los profesionales beneficios

intangibles, prestigio profesional, y beneficios tangibles, acceso a la bolsa de empleo de ingenieros acreditados, descuentos en formación, seguro profesional, etc.

La acreditación DPC de ingenieros es un título profesional, respaldado por la marca COGITI que transmite confianza y credibilidad a consumidores y empresas, y que aporta a aquél que lo ostente, prestigio, visibilidad profesional y el derecho a disfrutar de servicios exclusivos.

COGITI
ACREDITACIÓN DPC
INGENIERO JUNIOR

COGITI
ACREDITACIÓN DPC
INGENIERO SENIOR

COGITI
ACREDITACIÓN DPC
INGENIERO ADVANCED

COGITI
ACREDITACIÓN DPC
INGENIERO EXPERTISE

Beneficios de la acreditación



Prestigio profesional

Sello de garantía avalado por el COGITI como órgano representativo de la Ingeniería Técnica Industrial Española que aporta una certificación de la formación y la experiencia a lo largo de la vida profesional.



Empleo

Da acceso a la "Bolsa de empleo de Ingenieros Acreditados" cuya función será la promoción de los perfiles de los ingenieros acreditados.

Acceso a grupos de redes sociales profesionales del COGITI.



Certificado curricular

Certificación y validación de la veracidad del curriculum vitae del colegiado acreditado en cualquiera de los niveles.



Descuentos en formación

Descuentos en las actividades formativas de la Plataforma on-line de formación del COGITI, existiendo además la posibilidad de descuentos adicionales en las acciones formativas impartidas por los Colegios.



Visibilidad profesional

Diploma acreditativo del nivel DPC, tarjeta acreditativa, incorporación en el Registro Profesional de Ingenieros Acreditados (RPIA), identificación pública de los ingenieros inscritos acreditados.



Movilidad UE

Válido en procesos de reconocimiento de cualificaciones para ingenieros que deseen desplazarse a trabajar a países UE.

Asesoramiento directo del COGITI en la preparación de los dosieres de reconocimiento de cualificaciones profesionales.



Condiciones especiales SRC

La Acreditación modulará las prestaciones y coberturas del seguro de Responsabilidad Civil, accediendo a condiciones específicas.



Acceso a Grado

El Sistema de Acreditación de ingenieros como instrumento para el reconocimiento de la experiencia profesional, y otros méritos por parte de las Universidades.

Empresas colaboradoras.

ARAMBARRI & GONZÁLEZ
EXECUTIVE SEARCH

MARSH

Michael Page
INTERNATIONAL

HAYS Recruiting experts
worldwide

NB : NORMAN
BROADBENT

Wolters Kluwer
España

marketyou
BETA

MAPFRE

cátenon®
WORLDWIDE EXECUTIVE SEARCH

ferroser

Gehrlicher
Solar

ADARTIA

Nuestro futuro requiere la complicidad de todos

Los cambios en las instituciones son inevitables, la evolución socioeconómica en estos momentos nos lanza a unas dificultades insospechadas, imposible de conocer hace solo unos meses. Las instituciones estamos en una metamorfosis acelerada de nuestra relación con el ámbito laboral.

Muchos abrazan todo lo que es digital como panacea de un futuro inmediato, pero en realidad hay que reformar, adaptándonos a la tecnología a través de una gerencia estratégica de innovación y no perder de vista los valores éticos y morales de las relaciones humanas, ya que nuestro futuro requiere la complicidad de todos.



“LA FUNDACIÓN TÉCNICA INDUSTRIAL TIENE UN ÁMBITO DE ACTUACIÓN MUY AMPLIO, EN LA PROMOCIÓN, DESARROLLO, PROTECCIÓN Y FOMENTO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA EN EL CAMPO INDUSTRIAL Y DE LA FORMACIÓN DE INGENIEROS”

Como dice el economista español Xavier Sala Martín, catedrático de la Universidad de Columbia, “La innovación es un estilo de vida, es saber que la vida te va a dar

problemas por todas partes y es una manera de solucionarlos”.

La Fundación Técnica Industrial tiene un ámbito de actuación muy amplio, en la promoción, desarrollo, protección y fomento de la investigación científica y técnica en el campo industrial y de la formación científica, académica y profesional de los ingenieros.

Cada edición de esta revista es parte de nuestra extensión de información externa de los fines de la Fundación, llegando a la sociedad a través de los artículos, entrevistas y opiniones de empresas de destacado relieve e investigación universitaria e industrial.

Esto no sería posible sin un equipo de trabajo y colaboradores comprometidos con ilusión compartida, que está llevando la revista a un referente industrial en nuestro país.

Hay que agradecer a todos los patronos, anunciantes y articulistas que hacen posible este medio de información *Técnica Industrial*.

Un deseo de paz y amor para todos en esta difícil Navidad con la esperanza de que la pandemia se supere en el 2021 y deje de sufrir la humanidad por esta causa.

Santiago Crivillé Andreu

Gerente de la Fundación Técnica Industrial

Revisores de la revista Técnica Industrial

Los siguientes expertos son revisores de la revista *Técnica Industrial* (artículos técnicos) en sus correspondientes áreas de especialidad:

Ramón Barber Castaño (Universidad Carlos III de Madrid), Alejandro Bustos Caballero (Universidad Carlos III de Madrid), Higinio Rubio Alonso (Universidad Carlos III de Madrid), Fernando Blaya Haro (Universidad Politécnica de Madrid), Raúl Key Sánchez (Universidad Carlos III de Madrid), Jesús Manuel García Alonso (Colegio Salesianos Atocha-Formación Profesional), Manuel Islán Marcos (Universidad Politécnica de Madrid), Roberto D'Amato (Universidad Politécnica de

Madrid), Gerardo Pelaez Lourido (Universidad de Vigo), Alessandro Ruggiero (Universidad de Salerno), Juan Manuel Orquín Casas (Universidad Politécnica de Madrid), José Antonio Galdón Ruiz (COGITI), Francisco Reyes Tellez (Universidad Rey Juan Carlos), Silvia Nueve Menéndez-Pidal (Universidad Politécnica de Madrid), Francisco Fernández Martínez (Universidad Politécnica de Madrid), Juan Antonio Monsosiu Serra (Universidad Politécnica de Valencia), Francesc Estrany Coda (Universidad Politécnica de Cataluña), Petr Valášek (Czech University of Life Sciences Prague) y Enrique Soriano Heras (Universidad Carlos III de Madrid).

COGITI TOOLBOX

El portal de gestión de licencias de software para colegiados

www.toolbox.cogiti.es

 Desde el Consejo General y los Colegios Oficiales de Graduados en Ingeniería rama industrial e Ingenieros Técnicos Industriales de España presentamos el renovado PORTAL COGITI TOOLBOX donde encontrarás el mejor Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción.

PROMOCIÓN especial

cype
SOFTWARE

PACK COMPLETO SOFTWARE CYPE

87%
Descuento

ARQUÍMEDES

- + GENERADOR PRECIOS
- + MEDICIÓN AUTOMÁTICA

CYPELEC REBT

- + IMPLANTACIÓN

CYPECAD BASE LT30

CYPECAD MEP CTE

CYPECAD MEP CLIMATIZACIÓN

P.V. ~~7.812€~~ + IVA

990€ + IVA



Arquímedes
Mediciones
Presupuestos



CYPECAD BASE LT30
Estructuras Hormigón
Pilares



CYPELEC REBT
Baja tensión Rebt



CYPECAD MEP CTE
Cad BIM



CYPECAD Climatización
Climatización RITE

Hasta siempre (*Ad usque Semper*)

Cuando en el número 309 de *Técnica Industrial*, de marzo 2015, escribí *NOVO*, el editorial de mi incorporación a la Gerencia de la Fundación Técnica Industrial, tenía muy claro que ninguno somos eternos en un cargo y, en consecuencia, sabía que en algún momento futuro la dejaría.

Y el momento ha llegado, hoy quiero transmitir a todos los lectores de esta Revista nuestra, editada por la Fundación Técnica Industrial, escaparate, muestrario y pantalla general, nacional e internacional, lanzadera de la Ingeniería Técnica Industrial en el mundo, que parto convencido de haber colaborado con mi humilde 'granito de arena' en hacer más grande esta Revista, y dar a conocer y difundir nuestra profesión.

Me voy con el sabor profundo y satisfactorio del deber cumplido, de los logros conseguidos, de las metas alcanzadas y de los amigos obtenidos, pues como alguien dijo

“UN MUNDO NUEVO ESTÁ ABRIENDO A NUESTRA PROFESIÓN ESTA PROLONGADA SITUACIÓN DE EMERGENCIA CONTINUADA QUE ESTAMOS VIVIENDO, EN LA QUE ESTAMOS EN POSICIÓN VENTAJOSA PRECISAMENTE POR NUESTRA DIVERSIDAD Y VERSATILIDAD”

en su momento: “¿Qué es el hombre (genérico) sin sus amigos?”, a lo que yo añadiría, ¿y sin relaciones de amistad en la profesión, y humanas?; sí amigos míos, porque la amistad imprime carácter, pero también otras muchísimas virtudes en el hombre (genérico).

Mi trayectoria profesional no ha finalizado todavía; sigo trabajando en mi área profesional de Perito Industrial e Ingeniero Técnico Industrial de hace bastantes años, con una dedicación importante a la Ingeniería Forense, ese ámbito que siempre ha sido nuestro, aunque en los últimos tiempos haya quedado un poco olvidado, incluso por los nuestros; actividad profesional que requiere además de conocimiento de la materia a tratar, algunas otras aptitudes añadidas, pues se desarrolla normalmente en un 'foro', de ahí viene su apellido forense, y requiere dialéctica y plática expresiva.

Marcho, además, tranquilo, no sólo por lo dicho antes y por las amistades perdurables hechas, sino también porque no dejo de laborar por esta profesión nuestra, al dedicarme con mayor empeño si cabe a ese ámbito pro-

fesional pericial, forense y de mediación, en las áreas internacional y nacional, así como comunicativo, de difusión, de gestión y de normalización de dicho ámbito profesional de la Ingeniería Técnica Industrial.

Procuraré, por los medios de que disponga, tratar de hacer partícipes a todos los compañeros interesados en el ámbito pericial, forense y de mediación, de los logros alcanzados, pues conozco que quienes trabajáis en él sois conscientes del momento histórico que vivimos y la importancia que para todos nosotros pueden y deben tener nuestras actuaciones, con presencia permanente en los foros que debaten esta profesión de futuro.

Un mundo nuevo está abriendo a nuestra profesión esta prolongada situación de emergencia continuada que estamos viviendo, en la que estamos en posición ventajosa precisamente por nuestra diversidad y versatilidad, en los campos de actividad profesional que dominamos, no sólo en número sino también en experiencia y práctica.

Para quienes tengan interés y estén interesados en la Ingeniería Forense y en las indicadas áreas de actividad, pericial, forense y de mediación, estoy a disposición tanto de quienes quieran iniciarse, como de los que quieran perfeccionarse y completar su formación forense, así como a los compañeros que con más experiencia y méritos que yo, quieran participar en esta nueva y próxima singladura que tenemos para el futuro inmediato; ¡bienvenidos!

Quiero agradecerlos a todos, al equipo que me ha ayudado y seguido en esta singladura de más de cinco años y medio, a colaboradores de la Fundación y la Revista, articulistas, entrevistados, escritores, etc., así como al gran número de autores de artículos técnicos e informes, vuestra ayuda, y pediros que continuéis con la línea que habéis emprendido y seguido con quien me sustituye en el cargo, persona a la que aprecio y estimo, de conocido y reconocido prestigio curricular, que ha desempeñado cargos importantes corporativos e institucionales en nuestra profesión; en bien, difusión y provecho de la Ingeniería Técnica Industrial, y de la sociedad a la que servimos como objetivo de nuestra profesión.

Luis Fco. Pascual Piñeiro

Perito Industrial e Ingeniero Técnico Industrial

Energía hidráulica reversible, el futuro de las centrales hidroeléctricas

En 2050 la red eléctrica de la Unión Europea deberá ser 100% renovable, pero un sistema eléctrico cuyas fuentes son no gestionables (como el viento, el sol o el agua) exige contar con una alta capacidad de almacenamiento energético. Se trata de un reto que ha puesto en marcha la maquinaria de la innovación tecnológica y ha encontrado en las centrales hidroeléctricas reversibles o de bombeo su principal solución



La central hidroeléctrica de Gouvães contará con cuatro grupos generadores reversibles que sumarán una potencia total de 880 MW. Foto: Iberdrola.

Marita Morcillo

En mayo de 2020, la Comisión Europea publicó el “Estudio de almacenamiento de energía: contribución a la seguridad del suministro eléctrico en Europa” (Study on energy storage – Contribution to the security of the electrical supply in Europe), en el que se destacaba el importante papel que desempeñan las soluciones innovadoras de almacenamiento energético para garantizar la integración de las fuentes de energía renovable en la red de la Unión Europea.

En este documento, la Comisión indica que actualmente la principal tecnología de almacenamiento energético en la Unión Europea es el Pump Hydro Storage (PSH), conocido en español como almacenamiento hidroeléctrico de bombeo o reversible.

Las centrales hidroeléctricas reversibles constan de dos embalses de agua a distinto nivel, un canal de alimentación para conectar el embalse superior con el inferior y una central hidroeléctrica equipada con turbinas de bombeo.

Aunque es un sistema que se viene utilizando desde hace décadas en el sector hídrico, en los últimos años se están aplicando nuevas tecnologías cuya innovación radica en su capacidad de combinar generación de electricidad con almacenamiento a gran escala de los excedentes energéticos procedentes de fuentes renovables.

De esta manera, se persigue almacenar agua en las horas de menor actividad, para generar energía durante las horas de mayor demanda, aportando estabilidad, seguridad y sostenibilidad al sistema eléctrico.

Situación de la energía hidráulica en España

Durante muchas décadas, las centrales hidroeléctricas han sido la principal fuente de producción de electricidad en España. Posteriormente, la introducción de centrales nucleares en el sistema eléctrico del país y, después, la incorporación de fuentes renovables como la eólica y la solar, han ido mermando la aportación de la hidráulica hasta situarla en 2019 en el 9,5% del total en la estructura de generación, cifra que cae hasta un 0,02% si solo tenemos en cuenta el conjunto de las tecnologías de origen renovable.

El informe “Las energías renovables en el sistema eléctrico español 2019” de Red Eléctrica de España indica que, en términos de potencia instalada, España cerró 2019 con 110.376 MW, de los cuales, 17.085 MW (el 15,5%) corres-



Gráfico de la evolución de generación renovable desde 2010 hasta 2019, en el que se puede observar la tendencia descendente en la producción de energía hidráulica. Fuente: REE.

ponden a las centrales hidroeléctricas. Esta potencia instalada de origen hídrico aportó 24.712 GWh a la estructura global de generación, que alcanzó 260.798 GWh en total.

Si nos detenemos en las renovables, el informe indica que la potencia instalada experimentó un crecimiento del 13,4% respecto al periodo anterior, con la entrada en funcionamiento de 6.500 MW nuevos.

Asimismo, el 39% del total de energía eléctrica generada en España procede de fuentes renovables, siendo la nuclear y la eólica las tecnologías que más han aportado al mix de generación.

A pesar del aumento en la potencia instalada de origen renovable, ese 39% de aportación supone un descenso respecto a 2018, año en el que las tecnologías verdes representaron el 40,1% del total de energía eléctrica producida en el país.

Según destaca el balance de REE, este descenso en la cantidad de electricidad de origen renovable se debe a una menor aportación de la energía hidroeléctrica, la cual sufrió en 2019 un retroceso del 27,6% respecto al año anterior. Ante estas cifras, el informe concluye que la mayor o menor cantidad de energía aportada por las centrales hidroeléctricas influye notablemente en el balance final de energía de generación renovable.

Al analizar la evolución de la energía hidráulica en la última década, observamos que 2010 fue el año de máxima producción con esta tecnología (41.834 GWh). Desde entonces, esta cantidad de energía ha ido descendiendo año tras

año hasta situarse en los 24.712 GWh con los que se despidió 2019.

Ante estos datos cabe preguntarse las razones por las que la energía hidráulica, con larga tradición en España y dotada de un importante número de infraestructuras a lo largo y ancho del país, ha visto mermada su presencia en el sistema eléctrico cediendo más protagonismo a otras fuentes de generación.

Como respuesta a esta cuestión, REE en su balance de 2019 cita tres motivos básicos: la falta de inversión, la escasa rentabilidad y la ausencia de innovación, convirtiendo el parque hidroeléctrico español en un conjunto de instalaciones obsoletas.

Ante este escenario, se deduce que la modernización de las centrales hidráulicas españolas necesita aumentar las inversiones en innovación tecnológica para que las infraestructuras hidráulicas recuperen su rentabilidad.

Las centrales hidroeléctricas de bombeo en el PNIEC 2021-2030

La actual política energética de la Unión Europea ha propiciado un giro disruptivo para el sector hidráulico. Sus objetivos de neutralidad climática para 2050 exigen una red eléctrica flexible, segura y sostenible, integrada por fuentes de generación libre de carbono y una alta capacidad de almacenamiento energético.

Para lograr los objetivos, la Comisión ha exigido a los Estados Miembros la elaboración de sus respectivos planes nacionales, donde se planifica la ruta a seguir.

En enero de 2020, el Gobierno español presentó ante las autoridades comunitarias el primer borrador de su Plan

Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC 2021-2030).

En este documento, se muestran los objetivos que España pretende alcanzar en la próxima década: un 23% de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) respecto a 1990; un 42% de energías renovables sobre el consumo total de energía final; un 39,5% de mejora de la eficiencia energética y un 74% de energías renovables en la generación eléctrica.

Este Plan prevé para 2030 una potencia eléctrica total instalada de 161 GW, de los cuales 45 GW deberán tener un origen renovable. Para gestionar los excedentes de dicha energía, el sistema eléctrico español deberá incrementar su capacidad de almacenamiento en 6 GW.

En el reparto de potencia total instalada, el PNIEC indica que 16 GW corresponderán a las centrales hidroeléctricas y 9,5 GW a la tecnología de bombeo.

En este sentido, el Plan promueve las centrales hidroeléctricas reversibles, ya que una de sus ventajas es que permiten gestionar la producción renovable, respetando un régimen sostenible de los ríos y sus caudales.

Inversión e innovación en centrales de bombeo

Centros tecnológicos, universidades y empresas de todo el mundo llevan años investigando en nuevas soluciones para adaptar el sector hídrico a las actuales y futuras necesidades de un sistema eléctrico 100% libre de carbono.

Además, las grandes compañías eléctricas están realizando obras faraónicas con las que se pretende modernizar las

infraestructuras hidroeléctricas ya existentes aplicando las innovaciones tecnológicas más pioneras.

Un ejemplo de estos esfuerzos lo encontramos en la aplicación de sistemas de almacenamiento hidroeléctrico de bombeo, Pumped Hydro Storage (PHS), que dan solución al problema del almacenaje y garantizan el futuro de las centrales hidráulicas.

En España y en Portugal, país con el que compartimos el cauce de algunos ríos, son muchos los proyectos que se pueden citar. A modo de muestra, hemos escogido citar tres ambiciosas iniciativas: el proyecto de Soria-Chira, de REE, en Gran Canaria; el de Tâmega en Portugal, de Iberdrola; y una investigación de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) que, en su primera fase, ha logrado resultados pioneros no sólo en el país sino a nivel internacional.

Proyecto de Chira-Soria

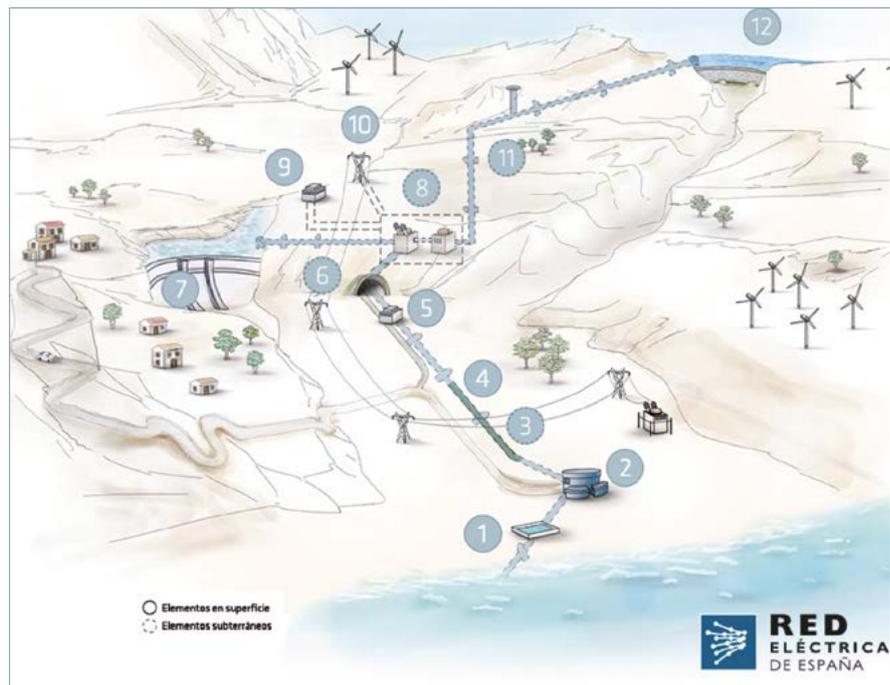
Los sistemas eléctricos no peninsulares suelen presentar deficiencias como un débil mallado en la red de transporte o instalaciones de poco tamaño. Estas peculiaridades afectan negativamente a la seguridad de suministro, a la sostenibilidad del sistema eléctrico y a la capacidad de este para responder a picos de demanda o situaciones de falta de generación energética.

Para paliar estas carencias en uno de estos territorios, concretamente en la isla de Gran Canaria, Red Eléctrica va a construir la central hidráulica de bombeo Chira-Soria, que tendrá una potencia instalada de 200 MW y una capacidad de almacenamiento de 3.200 MWh.

El proyecto también incluye una estación desalinizadora de agua de mar y las obras marinas asociadas, así como las instalaciones necesarias para su conexión a la red de transporte.

Chira-Soria cuenta con una innovadora configuración formada por "grupos hidráulicos reversibles, máquinas síncronas, convertidores electrónicos de potencia, un esquema eléctrico flexible, cortocircuito hidráulico y un sistema de control que integra y gestiona todos los componentes para obtener una alta flexibilidad y rendimiento", tal y como nos ha explicado REE.

El diseño de Chira-Soria está pensado para que el sistema eléctrico de la isla de Gran Canaria gane en soberanía y pueda adoptar una verdadera transición energética, como la que se plantea a nivel nacional en el PNIIEC.



La central hidroeléctrica de bombeo Chira-Soria aportará mayor garantía de suministro en la isla de Gran Canaria y mayor autonomía energética. Fuente: REE.

Para ello hace falta una "sobreinstalación" importante en potencia renovable respecto a la potencia eléctrica consumida, indica REE. De lo que se trata es de evitar que en periodos de escasos recursos naturales como el sol o el viento, los picos de demanda no se cubran con energía fósil, sino con los excedentes de energía no consumida y almacenada.

La capacidad de almacenamiento requerida para este propósito es muy elevada. Cuando entre en funcionamiento, la central de bombeo de Chira-Soria podrá albergar 3.200 MWh, 25 veces la capacidad de la batería más grande del mundo construida hasta el momento, la cual se encuentra en Australia y almacena 129 MWh.

Chira-Soria no producirá energía, pero será la herramienta al servicio del sistema eléctrico que evitará las pérdidas de energía en los momentos de abundancia de recursos renovables, almacenándolos y entregándolos de nuevo al sistema en los momentos de escasez.

Red Eléctrica, a través de su filial canaria Reincan, adjudicó en 2018, por 20 millones de euros, el diseño e ingeniería del proyecto de construcción, así como la asistencia técnica y la dirección de obra de la central de Soria-Chira.

La licitación fue concedida a la UTE Ingeniería Soria-Chira, consorcio formado por las empresas AIN Active, SLU y

Amberg Engineering AG. Se trata de uno de los mayores contratos de servicios de ingeniería de obra suscritos en Canarias hasta ese momento.

En la actualidad, el proyecto de central hidroeléctrica de bombeo Chira-Soria se encuentra en proceso de licitación de suministros y de obras, cuyo inicio está previsto para el primer trimestre de 2021.

Proyecto Tâmega

Al norte de Portugal, cerca de Oporto, el grupo Iberdrola está desarrollando el complejo hidroeléctrico del Tâmega, que supondrá la construcción de tres presas y tres centrales (Gouvães, Daivões y Alto Tâmega) con una capacidad conjunta de 1.158 MW. Además, habrá una central de bombeo con capacidad de almacenar casi 900 MWh.

El complejo se está construyendo en el río Tâmega, un afluente del Duero. Cuando entre en funcionamiento, será capaz de producir 1.766 GWh al año, suficiente para satisfacer las necesidades energéticas de los municipios vecinos y de las ciudades de Braga y Guimarães, con cerca de 440.000 hogares.

En cuanto a la gigabatería o central de bombeo de 900 MW, tendrá capacidad para dar servicio a dos millones de hogares portugueses durante un día entero.

Cuando esté finalizado, el complejo hidroeléctrico del Tâmega se convertirá



Infografía de la central hidroeléctrica de Davoes, que junto a Gouvães y Alto Tâmega formará parte del complejo hidroeléctrico con bombeo que Iberdrola está construyendo en Portugal. Fuente: Iberdrola.

en uno de los mayores almacenamientos de energía de Europa. En cuanto a su entrada en funcionamiento, se espera que Gouvães y Daivões estén operativas en 2021 y Alto Tâmega en 2023.

En concreto, la central hidroeléctrica de Gouvães es de bombeo y en un estado de construcción más avanzado. Esta infraestructura será subterránea y estará equipada con cuatro grupos generadores reversibles que sumarán una potencia total de 880 MW.

El montaje de dichos grupos, en una caverna situada a una profundidad media de 325 metros, 120 metros de longitud, 50 metros de altura y 20 metros de anchura, se prolongará hasta finales del año 2021, cuando está prevista su entrada en operación.

Al ser reversible, la central hidroeléctrica de Gouvães hará posible almacenar agua del embalse de Daivões en el de Gouvães, aprovechando los más de 650 metros de diferencia de cota entre ambos. De esta forma, se podrá bombear la energía cuando haya un exceso de producción y recuperarla cuando sea necesario. Su capacidad de almacenamiento permitirá el suministro continuo de electricidad al área metropolitana de Oporto durante 24 horas.

Por su parte, la central de Daivões va a tener una altura de presa de 77,5 m y va a contar con dos grupos que sumarán una potencia instalada de 114 MW y una producción de 142 GWh. Además, contará con un grupo adicional de 4 MW,

que añadirá una producción de 17 GWh a la planta.

La presa central del proyecto será la del Alto Tâmega (160 MW) y se estima que su puesta en marcha se pueda producir a lo largo de 2023. Con cerca de 1.500 millones de euros invertidos, la construcción y las posteriores tareas de operación y mantenimiento del complejo hidroeléctrico supondrán la creación de 13.500 empleos en la zona.

Proyecto de hibridación de volantes de inercia y almacenamiento por bombeo

Conseguir un mayor rendimiento en la generación de energía hidroeléctrica, reduciendo a la vez los costes del proceso, es uno de principales objetivos de la investigación relacionada con este sector.

Investigadores de la Universidad Politécnica de Madrid están llevando a cabo un estudio pionero que demuestra que el uso combinado de sistemas de almacenamiento conectados a la red, a través de convertidores electrónicos de frecuencia (baterías, volantes de inercia y supercondensadores) y centrales de almacenamiento por bombeo, es capaz de mejorar el rendimiento de las centrales hidroeléctricas reversibles reduciendo también el desgaste de los equipos y, con ello, los costes del proceso.

El estudio ha sido realizado por el grupo de Hidroinformática y Gestión del Agua de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la

UPM. También han participado el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) y la empresa Schwungrad Energie Ltd.

Se trata de una investigación pionera en su campo, ya que es la primera vez que se consigue la hibridación de volantes de inercia con centrales de almacenamiento por bombeo, tal y como explica el ingeniero Juan Ignacio Pérez Díaz, miembro del grupo investigador.

La operación coordinada de sistemas de almacenamiento rápido (conectados a la red a través de convertidores electrónicos de potencia), generación hidroeléctrica y almacenamiento por bombeo se consigue mediante estrategias de control y algoritmos de programación.

Una de las ventajas de este sistema es que aumenta la integración de las energías renovables en el sistema eléctrico, facilitando de esta manera la transición a un sistema eléctrico 100% renovable.

Juan Ignacio Pérez estima que el proyecto podría materializarse en menos de un año. De momento ya ha captado la atención dentro y fuera de nuestras fronteras, y varias empresas ya se han interesado en el sistema de hibridación diseñado por los investigadores de la UPM.

La materialización de este sistema de hibridación requiere la implicación de agentes que proceden de un amplio abanico de disciplinas, entre ellos las empresas de ingeniería. Supondrá, por tanto, la creación de numerosos puestos de trabajo.

Actualmente, el grupo de investigación se encuentra inmerso en la segunda fase del proyecto. Juan Ignacio Pérez explica que "el equipo de la UPM ha desarrollado un modelo de optimización para la programación de la generación y las reservas de regulación secundaria de un sistema híbrido de generación y almacenamiento formado por una central hidroeléctrica y un conjunto de baterías de iones de litio".

Adicionalmente, explica el investigador, "el equipo de la UPM ha desarrollado un modelo de simulación dinámica del sistema híbrido mencionado y un sistema de control para la provisión de forma coordinada de reservas de regulación primaria. Con un algoritmo de control sencillo, el desgaste mecánico de los grupos hidráulicos puede reducirse en torno a un 10%. El equipo de la UPM está trabajando en estos momentos en la definición de estrategias de control más avanzadas con las que espera que dicha reducción aumente hasta al menos un 30%".

Juan Bautista Tomás Gabarrón

Director ejecutivo de Qartech Innovations, empresa de base tecnológica de la Universidad Politécnica de Cartagena, dedicada a la sensorización de gases industriales

“La monitorización de gases permite a la industria responder eficazmente al control medioambiental”

Marita Morcillo

El sector industrial se encuentra ante el reto de controlar sus emisiones de gases para mejorar la calidad del aire y contribuir a un entorno más limpio y sostenible. Tres profesores y un exalumno de la Universidad Politécnica de Cartagena han aplicado Inteligencia Artificial e Internet de las Cosas en un innovador proyecto de sensorización de gases industriales. Como resultado, han desarrollado una patente que comercializan a través de una spin-off de la propia UPCT. Nuestro entrevistado es Juan Bautista Tomás Gabarrón, ingeniero en Telecomunicación y doctor por la UPCT, quien ha participado en este proyecto junto a tres profesores del grupo de investigación de Ingeniería Telemática: Antonio Javier García Sánchez, Joan García Haro y Rafael Asorey Cacheda.



Nuestro entrevistado, Juan Bautista Tomás (a la izquierda de la imagen), junto a los tres profesores del grupo de investigación de Ingeniería Telemática (Antonio Javier García, Rafael Asorey y Joan García Haro, de izquierda a derecha).

¿Cómo y cuándo nació el proyecto de monitorización medioambiental aplicando tecnología IoT y por qué la medición de partículas y gases generados por la industria?

Este proyecto nació hace varios años ya, en 2015. Todo se fraguó inicialmente gracias a la iniciativa de mis compañeros y socios de la empresa: Antonio Javier García Sánchez, Joan García Haro y Rafael Asorey Cacheda. El principal catalizador que impulsó inicialmente este proyecto fue la idea de permitir la medición continua de la calidad del aire mediante nuestros dispositivos para ayudar a la industria, principalmente, a responder eficazmente a los nuevos retos de control medioambiental.

¿Qué beneficios medioambientales ofrece la medición de estas partículas y gases?

Las ventajas que aportan nuestros dispositivos radican en que a unos precios muy competitivos permitimos a la industria medir continuamente, con la máxima precisión y en tiempo real, los niveles

de partículas en suspensión (PM), así como la concentración de gases (CO₂, O₃, NO_x,) en el entorno en el que se instalan. Ello permite a la industria mejorar su operativa y sus procesos para, entre otras ventajas, ser más competitiva en lo que refiere a impuesto de emisiones contaminantes e impactar positivamente en el medio ambiente y en la salud de los ciudadanos. Todo ello, gracias a nuestra solución.

El sistema desarrollado, ¿es aplicable en otros sectores, además del industrial?

Así es, de hecho disponemos también de una versión de nuestros dispositivos para interiores (oficinas, escuelas, hospitales, residencias, viviendas particulares, etc.), que permite hacer seguimientos en todo momento de los niveles de aerosoles y de gases, lo cual ayuda a garantizar en todo momento la calidad del aire respirado, así como minimizar la probabilidad de contagio por COVID-19 u otras enfermedades

respiratorias como la gripe, ya que, según se ha demostrado recientemente, el vehículo de transmisión más importante del coronavirus se corresponde con las partículas en suspensión (aerosoles) en espacios cerrados.

¿En qué consiste el funcionamiento de la infraestructura creada en el seno de este proyecto?

Básicamente se trata de dispositivos con una obertura a través de la cual entra el aire y que, por medio de la circuitería interna, permite identificar los niveles de partículas en suspensión, así como de gases. Dichos dispositivos trabajan en red y la información que capturan se procesa mediante algoritmos propietarios de inteligencia artificial que generan valor añadido para la toma de decisiones.

Desde el punto de vista de la innovación tecnológica, ¿cuáles son los aspectos más disruptivos de su servicio de monitorización y en qué se diferencian de otros sistemas similares?

Gracias a nuestros sistemas avanzados de Inteligencia Artificial, tanto en el diseño de los dispositivos como de mantenimiento preventivo, permitimos alargar hasta 3 veces más el tiempo de vida medio de los dispositivos, lo cual, a la larga incurre en costes muchísimo menores de mantenimiento por parte del cliente.

Para llevar a cabo este proyecto, hizo falta fundar una spin-off denominada Qartech Innovations S.L., empresa de base tecnológica (EBT) apoyada por la UPCT. Háblenos de ella, ¿cuándo y cómo nació Qartech, quiénes son sus fundadores y cuáles eran sus objetivos?

En marzo de 2018 me encontraba en un contrato para la UPCT, en el que desarrollaba algoritmos para mejorar la eficiencia del tránsito en intersecciones. Esto me ayudó a reestablecer el contacto con los que fueron mis compañeros y directores de Tesis, allá por 2013 (mis actuales compañeros), lo cual sacó a relucir la existencia de un proyecto de sensorización de calidad del aire que hasta ese momento no tenía el foco en la explotación comercial. Esto hizo que se valorara seriamente la idea de poder llevarlo al mercado y fue ahí cuando Antonio Javier García Sánchez, Joan García Haro, Rafael Asorey Casheda y yo decidimos poner esta aventura en marcha.

La UPCT tiene una participación en el capital social de la empresa. Además de este apoyo económico, ¿qué otras implicaciones tiene la Universidad en el desarrollo de su sistema de medición?

La UPCT es un actor clave en las spin-offs que surgen del seno de sus laboratorios porque aporta un valor indispensable en cuanto a la exposición mediática, contactos, infraestructura, etc. que de otra manera sería mucho más complicado de obtener. La UPCT, gracias a su oficina de transferencia de resultados de investigación (OTRI), aporta un valor importante para maximizar el impacto de la I+D+i que se desarrolla en los grupos de investigación, a la par que facilita el acceso a oportunidades de inversión y subvención que, de otra forma, sería más difícil conseguir.

Según informa la propia Universidad, la empresa ya tiene su primer cliente, una firma multinacional. ¿En qué punto se encuentra el contrato? ¿Cuándo estiman que podremos ver en el mer-

cado su servicio de monitorización de partículas?

El proyecto se encuentra ya totalmente desplegado y en marcha, con la satisfacción plena del cliente. En estos momentos nos encontramos en total eferescencia, sobre todo desde el plano industrial, ya que nuestra solución está atrayendo la atención de grandes clientes de las industrias cementeras, energéticas, químicas, así como aquellas que gestionan graneles.

“El principal catalizador que impulsó el proyecto fue la idea de ayudar a la industria a responder eficazmente a los nuevos retos de control del medioambiente”

Como ya nos ha explicado, el sistema de monitorización de partículas y gases emplea Inteligencia Artificial e Internet de las Cosas. Como experto en TIC, ¿cómo ve la evolución que están viviendo estas tecnologías en España? ¿Están abiertas las empresas españolas a su aplicación?

Si bien es cierto que la coyuntura sobrevenida respecto de la pandemia ha alterado muchos sectores económicos (unos más que otros), algunas industrias, sobre todo las que menos dependencia tienen de aquellas más afectadas por la COVID, están invirtiendo en la digitalización de sus procesos productivos y ello está haciendo que se interesen cada vez más por tecnologías como la Inteligencia Artificial, el Blockchain y la IoT. En España hay un interés muy alto por estas tecnologías, pero aún deben, a mi juicio, cambiar ciertos prejuicios en torno a ello. Suele ocurrir que, con cierta frecuencia, la inversión en este tipo de proyectos se considera más un gasto que una inversión, y es por ello que se suele valorar más, económicamente hablando, este tipo de proyectos en otros países donde el arraigo de las Tecnologías de la Información es más fuerte e intenso desde hace tiempo.

Continuando con la pregunta anterior, ¿considera que en España hay suficiente investigación para impulsar la aplicación de las nuevas tecnologías? ¿Cuáles son las deficiencias desde el

punto de vista de la innovación y la investigación?

En España tenemos la suerte de contar con una de las industrias turísticas y hosteleras más importantes del mundo, pero ello también ha supuesto un grave impacto por la actual crisis sobrevenida. Precisamente, esa alta dependencia de sectores tan relevantes como los mencionados hace que, cuando se resienten, la economía se ve seriamente afectada. Es por ello que se hace necesario invertir, de modo estructural, en idear nuevas vías para enriquecer la industria española con empresas cuyos productos y/o servicios no dependan tan fuertemente de condiciones exógenas, como lo son las pandemias. Ello tiene necesariamente que beneficiarse de la mejora del sistema educativo de modo que éste sea, dentro de la exigencia que conduce a la excelencia, un catalizador que ayude a las próximas generaciones a decantarse por carreras profesionales donde la innovación y la investigación jueguen un papel esencial.

Lamentablemente, estamos viviendo una pandemia que ha creado una crisis sanitaria y económica. ¿En qué medida esta situación ha afectado al desarrollo de sus investigaciones?

Afortunadamente, una empresa como la nuestra se puede permitir el lujo de recurrir al teletrabajo y, vista la favorable coyuntura en cuanto a la creciente eferescencia de la digitalización de la industria española, en realidad no solo no nos ha afectado, sino que nos está ayudando a crecer.

Por último, ¿qué repercusiones innovadoras tiene su proyecto en el mundo de la ingeniería? Es decir, ¿abre la puerta a nuevos campos de negocio dentro de los sectores de la ingeniería?

Por supuesto, permite hacer avances en Inteligencia Artificial, en arquitectura de sistemas, en la invención de dispositivos de climatización y purificación del aire que, de forma integrada, permitan trabajar con la máxima eficiencia energética y purificar las estancias al mismo tiempo. Nuestros dispositivos avanzan el estado de arte mediante la optimización de los procesos que integramos en ellos. Permiten tomar decisiones y planificar inteligentemente y son capaces de ofrecer servicios innovadores de valor añadido.



El aprendizaje profundo o deep learning que caracteriza a las redes neuronales se basa en aprender a partir de la experiencia. Foto: Freepik.

Inteligencia artificial para frenar una nueva ola del COVID-19 en los hospitales

El Hospital Clínic y el Barcelona Supercomputing Center trabajan en un proyecto impulsado por la Secretaría de Estado de Digitalización e Inteligencia Artificial para predecir la evolución de los pacientes de esta enfermedad

Noelia Carrión

¿Puede un ordenador adelantarse y saber cuántos enfermos hospitalizados tendrán que ingresar en la uci antes incluso de que el paciente presente síntomas? Aunque parezca difícil de creer, investigadores del Hospital Clínic de Barcelona y el Barcelona Supercomputing Center (BSC) ya han demostrado que es posible.

Con la vista puesta en una tercera ola del COVID-19, y en las futuras que puedan llegar, ambos equipos han iniciado un proyecto conjunto que permita a los médicos conocer cuál será la evolución del enfermo una vez ingresa en el hospital.

A partir de una fuente de datos de cerca de 3.000 pacientes del hospital y centenares de variables seleccionadas por los médicos del Clínic, el BSC desarrolla modelos predictivos basados en redes neuronales para determinar a tiempo tres posibles escenarios: el desenlace (alta o fallecimiento del paciente),

si es necesario ingreso en la uci o si se requiere asistencia respiratoria. De esta forma “puedes organizar mejor los recursos”, afirma Xavier Pastor, responsable de Informática Médica del Hospital Clínic de Barcelona.

El doctor Pastor recalca la angustia que pasaron los responsables del centro durante la etapa más aguda de la pandemia, llegando a formar un comité ético “para marcar qué pacientes eran candidatos para entrar en la uci y cuáles a pesar de necesitarlo clínicamente había que excluirlos por otras razones” e, incluso, montando hospitales de campaña.

De esta manera, podrían evitarse situaciones tan dramáticas como las que se vivieron al comienzo de esta crisis sanitaria, ya que el objetivo es conseguir una aplicación que el hospital pueda usar periódicamente con la información de los hospitalizados en ese momento y “tenga capacidad predictiva días antes del desenlace o del ingreso en uci”, se-

ñala Marta Villegas, corresponsable del área de minería de textos del BSC.

El text mining o minería de textos, clave para el modelo de predicción

Para desarrollar este modelo, el hospital facilita dos tipos de datos: datos estructurados y no estructurados. Los primeros hacen referencia a “la edad, el sexo del paciente, los resultados de laboratorio o los diagnósticos que se le han ido asignando al paciente a lo largo de su período de hospitalización”, añade la investigadora.

Sin embargo, el valor añadido de la iniciativa reside en los segundos, al tratarse de documentos generados por los propios profesionales del hospital, como son el curso clínico o el informe de alta del paciente. En este caso, el equipo del BSC aplica técnicas de minería de textos para sacar todo aquello que los facultativos consideran relevante como, por ejemplo, si el paciente es fumador o diabético e, incluso, la medicación que toma.



El BSC es el administrador de MareNostrum, el superordenador más potente de España y el tercero en Europa. En la imagen, ejemplo de un supercomputador. Foto: Pexels.

Una información que sin esta herramienta resultaría imposible de conseguir de manera automatizada. “Lo que hace el *text mining* es convertir un word en un excel, donde el excel tiene las variables que tú querías extraer sistemáticamente de ese word”, explica la investigadora del BSC. Una vez conseguido este paso, “lo puedes manipular, mientras que si está en un texto escrito solo puede subrayarlo”. Sería como convertir letras en números.

El equipo de Marta Villegas cuenta, de hecho, con una amplia experiencia aplicando estas técnicas de análisis y procesamiento de datos en el campo de la biomedicina. Entre los proyectos con los que colaboran se encuentra *ICTUS-net*, una iniciativa europea en la que participan hospitales de España, Francia y Portugal. La unidad de Text Mining del BSC lidera el desarrollo de herramientas de minería de textos para obtener información relevante que permita evaluar la calidad asistencial a partir de informes de alta hospitalaria de pacientes con esta enfermedad.

Sin embargo, en el caso de la iniciativa junto al Clínic, no es una tarea fácil porque “cada hospital a lo mejor ha usado una terminología diferente o las unidades de medida están expresadas de manera diferente”, señala la investigadora. Además, el hecho de contar con textos tanto en catalán como en español indistintamente, los errores sintácticos o el propio contexto añaden complejidad a la tarea. “Yo puedo identificar un concepto, pero este concepto lo puedo estar afirmando o negando, a mí me puede interesar seleccionar lo que estoy afirmando y no, por ejemplo, referencias al pasado”, señala Xavier Pastor.

El proyecto está promovido por la Secretaría de estado de digitalización e inteligencia artificial (Sedia), y cuenta con diversos planes que buscan impulsar estas técnicas de procesamientos de documentos “para que la industria de

las tecnologías de la lengua española y todas las lenguas oficiales pueda desarrollarse lo máximo posible”, apunta Marta Villegas. A pesar de que el español es la cuarta lengua más hablada en el mundo, la investigadora recuerda que “con el inglés puedes hacer vida digital, pero en los demás hay una diferencia abismal. Estamos a años luz”.

Por eso, la iniciativa pone a prueba todas estas nuevas tecnologías de análisis de datos con las que aún están familiarizándose los investigadores. En el hospital Clínic ya trabajaban con textos clínicos, pero, según el Dr. Pastor, ahora se ha dado un paso más porque no solo buscan diagnósticos, sino conceptos más complejos como “signos y síntomas clínicos que son previos. Nos estamos yendo a identificar situaciones concretas del paciente y eso es todo un reto”.

Entrenamiento con redes neuronales

Lo investigadores del BSC ya han creado un primer prototipo del algoritmo de predicción gracias a una fuente de datos en abierto con información de 2.000 pacientes del grupo HM Hospitales de Madrid. Pero ¿cómo se consigue desarrollar un modelo que pronostique la evolución de un paciente hospitalizado?

El método, aunque no lo parezca, es más sencillo de lo que uno podría imaginarse. A partir del conjunto total de los datos, “el 80% normalmente lo reservas para entrenar los modelos porque ya sabes para cada uno de estos pacientes cuál ha sido su desenlace. Entones entrenas el sistema y le vas pasando el paciente uno, desenlace uno y así la red neuronal va aprendiendo y corrigiéndose”, explica Marta Villegas.

Con el 20% restante se valida el algoritmo desarrollado para comprobar que su nivel de acierto es el óptimo. Pero no basta con entrenar el modelo una vez, el aprendizaje profundo o *deep learning*

que caracteriza a las redes neuronales se basa en aprender a partir de la experiencia, por lo que necesita repetir este proceso miles de veces. Solo así, la máquina puede llegar a distinguir qué es relevante. Para ello, se necesita también de una gran capacidad de cómputo, algo que el BSC ha superado sin problemas al ser administrador de MareNostrum, el superordenador más potente de España y el tercero en Europa.

Aumentar la colaboración de los hospitales

Lo investigadores del BSC se encuentran satisfechos con estos primeros resultados, pero se adentran en una nueva fase en la que deben poner a prueba el algoritmo de predicción con los datos facilitados por el hospital Clínic de Barcelona. Por otro lado, según Xavier Pastor, hay que tener en cuenta que son “datos recogidos en un momento determinado en unas circunstancias determinadas”, por lo que “si las circunstancias hacen que cambie el significado de los datos, ya tenemos un problema de desviación del modelo”.

Ambos coinciden, eso sí, en que para hablar de redes neuronales o procesamiento del lenguaje natural es fundamental aumentar los datos de los que disponen. Para ello, el BSC ya ha firmado un convenio de colaboración con el Hospital 12 de octubre de Madrid y se encuentra en conversaciones con el Hospital Universitario Virgen del Rocío de Sevilla, porque el propósito final es “que los resultados reviertan en todos los hospitales”, afirma Marta Villegas. Para la investigadora, el proyecto ha evidenciado, además, “la necesidad de tener datos interoperables y que en caso de emergencia sanitaria el acceso a los datos clínicos sea algo ágil”.

Las previsiones, de momento, son esperanzadoras. El equipo de desarrollo del BSC calcula que en unos tres meses tendrían una primera prueba de concepto con los datos aportados por el Clínic de Barcelona, teniendo en cuenta que “ellos tienen que poner recursos en un momento en el que las prioridades del día a día son las que son”, recuerda Marta Villegas.

Un reflejo más de la labor de los trabajadores de los hospitales de España, que no solo están librando la batalla contra el COVID-19 desde las salas de urgencias o las ucis, sino, también, desde las pantallas de sus ordenadores.

Patrimonio Industrial: un viaje por nuestra historia

El Patrimonio Industrial forma parte de nuestro entorno, ya sea en grandes ciudades o en pequeñas poblaciones, como el vestigio histórico propio de las sociedades industrializadas, que merece ser recordado y valorado por lo que ha significado en el devenir del tiempo



Ruedas hidráulicas con sus saetines en la Real Casa de la Moneda, en Segovia.

Mónica Ramírez

Los elementos materiales del desarrollo industrial representan la herencia cultural de la sociedad, y han desempeñado un destacado papel tanto en la evolución de las ciudades como en la formación de los rasgos de identidad de sus espacios arquitectónicos y paisajísticos.

En nuestro país, son numerosas las poblaciones que experimentaron una gran transformación debido a la actividad industrial y a los procesos de producción, compuestos por maquinaria y edificios singulares. Fruto de esta industrialización, muchos lugares, sobre todo en el País Vasco y Cataluña, cambiaron sustancialmente, tanto de costumbres como de paisaje.

Todo este patrimonio industrial tiene como denominador común su contexto, pues se generó a partir de la Revolución Industrial, a finales del siglo XVIII, y se

prolongó hasta que este tipo de industria y maquinaria se fue abandonando y sustituyendo por otros sistemas de producción automatizados.

El patrimonio industrial se puede definir, por tanto, como el conjunto de bienes que surgió a consecuencia de la Revolución Industrial, y que supuso la aparición de maquinaria nueva y espacios comunes de trabajo. Todo ello trajo consigo un cambio socio-cultural como consecuencia de esta actividad industrial.

En los últimos años hemos asistido a una mayor concienciación del valor que supone el patrimonio industrial, tanto en el plano histórico de los bienes heredados de la industrialización, como en el social, económico, territorial, arquitectónico y técnico.

Sin embargo, no siempre ha sido así. Hasta hace relativamente poco tiempo, el abandono y cierre de fábricas y edi-

ficios industriales conllevaba la generación de espacios yermos, además del consabido deterioro del paisaje urbano. En este sentido, la situación ha mejorado, pero todavía queda trabajo por hacer.

Existen organizaciones, asociaciones y plataformas que tienen como objetivo contribuir a que la sociedad tome conciencia de la verdadera dimensión patrimonial de los vestigios de la industrialización en España. Contamos con un legado extraordinario, que alberga, además, grandes posibilidades como recurso para un nuevo modelo de turismo cultural, en algunos casos, y su conversión en museos, en otros muchos.

De este modo, cada vez más las instituciones nacionales e internacionales ponen su empeño en readaptar, poner en valor y dar uso a dicho legado. En 1985, se aprobó la Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Espa-

ñol, en la que se indicaba que este patrimonio “es el principal testigo de la contribución histórica de los españoles a la civilización universal y de su capacidad creativa contemporánea”. La protección y el enriquecimiento de los bienes que lo integran constituyen obligaciones fundamentales que vinculan a todos los poderes públicos, según el mandato que a los mismos dirige el artículo 46 de la norma constitucional. Esta ley permitió que se declarasen puentes, fábricas, hornos, cuencas mineras, etc., como sitios y paisajes de interés cultural.

Sin embargo, en 1999, el Instituto de Patrimonio Cultural de España, debido a la paulatina pérdida de parte del Patrimonio Industrial y a la necesidad de conservarlo, empezó a elaborar un Plan Nacional para gestionarlo. Este plan es de ámbito estatal y está gestionado por la Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales, al considerar este patrimonio como testimonio fundamental para comprender y documentar un período clave de nuestra historia.

No obstante, este plan no tiene como único objetivo acometer la protección y conservación del patrimonio industrial, sino que va más allá, al promover el uso futuro de estas edificaciones para otros fines, tales como su reutilización y valorización en museos, equipamientos colectivos, centros de interpretación o nuevos usos productivos para estas antiguas estructuras.

El primer paso de este ambicioso proyecto fue el de crear comisiones para elaborar un catálogo donde identificar el Patrimonio Industrial. Dentro del citado Plan, se establecieron los elementos que podían formar parte del mismo. De este modo, se tuvieron en cuenta los siguientes escenarios:

- Construcciones aisladas (como chimeneas de las cerámicas). Podría ser que el resto del conjunto industrial hubiera desaparecido con el tiempo, y tan solo quedarán elementos aislados que aún servirían de reflejo de esa actividad industrial determinada.
- Conjuntos Industriales (como fábricas enteras). En este caso se conservan todos los elementos industriales y son el testimonio de una determinada actividad.
- Paisaje Industrial (como una cantera). Se refiere al territorio donde se conservan los componentes esenciales de un proceso industrial.

- Maquinaria industrial (como un molino). Se trata de herramientas o máquinas que se usaban para una actividad y que entraron en desuso.
- Patrimonio Industrial inmaterial. En este apartado se incluyen las técnicas y tradiciones relacionadas con la industria.

El patrimonio industrial puede ser muy variado, por lo que se dividió por áreas temáticas a partir de la actividad que representa cada bien de interés cultural: textil, agro-alimentario, minería, juguete, etc.

Desde su elaboración en 1999, cada 5 años, una serie de expertos se reúnen para abordar posibles actualizaciones del plan. Sin embargo, muchos elementos que forman parte del Patrimonio Industrial se encuentran actualmente en estado de abandono. Por este motivo, es necesario velar por su conservación.

Conservación del Patrimonio Industrial

El Comité Internacional para la Conservación del Patrimonio Industrial (TICCIH), creado en el año 1978 con motivo de la III Conferencia internacional sobre la Conservación de Monumentos Industriales que se celebró en Suecia, ha recogido en una lista los 100 elementos de Patrimonio Industrial en España. El TICCIH está implantado en más de cuarenta países de los cinco continentes, y tiene como objetivo promover la cooperación internacional en el campo de la preservación, conservación, localización, investigación, historia, documentación, arqueología y revalorización del patrimonio industrial. También se propone desarrollar la educación en estas materias, y mantiene vínculos con otras Instituciones internacionales como UNESCO, ICOMOS, ICOM, y Consejo de Europa, entre otras, esforzándose en estrechar la cooperación con ellas.

El deseo de *Técnica Industrial* habría sido poder recoger en las siguientes páginas el centenar de elementos a los que hace referencia el TICCIH. Sin embargo, debido a la extensión que ello supondría, se ha seleccionado una muestra significativa del Patrimonio Industrial en España. De este modo, se ha escogido un elemento de cada comunidad autónoma, sin desmerecer, por supuesto, a todos los demás.

Conjunto industrial de ENSIDESA (Asturias)

ENSIDESA, la primera siderurgia integral de España, nace a partir de un

decreto de 1950 de la Presidencia del Gobierno con la misión de incrementar la oferta española de acero para ser empleado por las industrias transformadoras. Era el origen del que sería el mayor complejo industrial de España y uno de los mayores de Europa.

El 28 de julio de ese mismo año se constituye la Empresa Nacional Siderúrgica de España, Ensidesa, con domicilio social en Madrid y un capital inicial de 1.000 millones de pesetas. Tras el estudio de varios emplazamientos posibles, se optó por implantarla en la comarca de Avilés. La construcción se inició en 1951 y el número de trabajadores empleados llegó a alcanzar casi los 24.000 en toda Asturias a principios de los 70, cuando Ensidesa absorbió a Uninsa, empresa siderúrgica privada ubicada en Gijón.

Edificio de la fábrica de cervezas El Águila (Córdoba)

La cervecera El Águila aparece en Córdoba, a mediados de la década de los años treinta del siglo XX, con la compra de la fábrica cordobesa La Mezquita y con un marcado carácter expansionista e innovador dentro del mundo empresarial español de la época.

A partir de década de 1950 se introducen nuevas mejoras en maquinaria, como nuevos sistemas de frío y de embotellado, y se amplían las zonas de fermentación y guarda. En 1957, la fábrica de Córdoba inaugura la primera bodega con acondicionamiento de aire que se construyó en España. Sin embargo, buena parte de ese carácter innovador se plasmará en la construcción, en 1965, de la fábrica de cervezas más moderna de España, que cuenta ya con la primera máquina de agrupación de cajas, nueva tecnología pionera en el país. Para su construcción, se encarga la obra al arquitecto cordobés Rafael de La Hoz Arderius, referente nacional de modernidad y garantía de imagen de desarrollo.

Electro Metalúrgica del Ebro (Zaragoza)

Electro Metalúrgica del Ebro SA (EMESA) fue una industria radicada en Sástago (Zaragoza) y que, pese a que tenía como objeto principal la obtención de carburo de calcio, jugó un papel importante en la industrialización y electrificación en el noreste español.

En la actualidad, subsiste una fábrica química en La Zaida y diversas instalaciones de generación eléctrica en Sástago.

tago, herederas de la empresa. Los primitivos edificios de la compañía son hoy monumentos históricos que forman parte del patrimonio industrial. Las centrales de EMESA destacan por su cuidada arquitectura, siguiendo las novedades estilísticas del momento. Es reseñable su fábrica modernista de 1907 y su central de arquitectura racionalista de 1929. El complejo aldeaño incluía diversos edificios, comunicados con railes para el desplazamiento del material, que forma parte del patrimonio industrial histórico de la región aragonesa.

Noria de Jinámar (Gran Canaria)

En febrero de 2018, el Gobierno de Canarias declaraba Bien de Interés Cultural (BIC) la Noria de Jinámar, en el municipio grancañario de Telde; una construcción situada en el margen derecho del cauce bajo del Barranco de Jinámar, a unos escasos 25 metros sobre el nivel del mar, que constituye uno de los últimos testimonios históricos de la ingeniería hidráulica de esta zona de la Isla. Este ingenio hidráulico, que data de 1852, es uno de los ejemplos más ilustrativos de las estrategias desplegadas por la población de Gran Canaria para proceder a la extracción, conducción y almacenamiento de un bien tan sumamente preciado como el agua, en este caso destinada al riego de los campos de cultivo.

Dentro del conjunto de la Noria de Jinámar se distinguen cinco elementos: el pozo, las obras de fábrica (torre de mampostería y cantería recubierta por un armazón de madera y dependencias anexas), el mecanismo de elevación de agua situado dentro de las torres y el pozo, el estanque regulador anexo a la obra de fábrica y, por último, las canalizaciones de irrigación.

Real Ingenio y Casa de la Moneda (Segovia)

La Real Casa de la Moneda está considerada como la primera instalación manufacturera de España. Su restauración como espacio museístico fue terminada en 2011. Se ubica en un espacio privilegiado, extramuros de la ciudad fortificada, que fue el elegido por el rey Felipe II, en 1583, para ubicar su nueva e innovadora Casa de Moneda. La construcción del edificio se realizó entre 1583 y 1588, siguiendo las trazas de Juan de Herrera.

Con la colaboración de técnicos alemanes, Herrera diseñó una planta fabril pionera, hoy reconocida como la mues-

tra de arquitectura industrial más antigua de España. Cabe destacar el sistema hidráulico del Real Ingenio, que ha llegado hasta la actualidad en buen estado de conservación y que hace que la planta sea la más completa de su tiempo. La infraestructura hidráulica incluye el azud, los aliviaderos y el canal de Sabatini. A través de la documentación existente y planos históricos se han reproducido los canales de madera y 4 ruedas hidráulicas con sus saetines.

Real Fábrica de Armas (Toledo)

Actualmente reconvertido en el Campus Tecnológico de la Universidad de Castilla-La Mancha, el edificio de la Real Fábrica de Armas de Toledo se ubica junto al río Tajo, para aprovechar la energía hidráulica. Su construcción se debe al Rey Carlos III, que encargó el proyecto al ingeniero arquitecto Francisco Sabatini, que había venido de Italia con él.

El edificio de Sabatini se inaugura en 1783 y prácticamente permanecerá como única edificación del conjunto hasta finales del siglo XIX. Junto a la producción de armas blancas y posteriormente de cartuchería y artillería, en esta construcción se han fabricado también armas de caza, cuchillas de afeitar y material quirúrgico. La fábrica ha permanecido en actividad hasta la última década del siglo XX. En 1997, se entrega a la Universidad de Castilla-La Mancha, que ha rehabilitado todo el conjunto a modo de campus universitario.

Máquina de vapor de Industrias Burés (Girona)

La fábrica Burés de Anglés, en Girona, es uno de los centros de producción de tejidos e hilado de algodón creado en 1887 por la sociedad "Burés y Salvadó" y que terminó su actividad, bajo el nombre de Buretex, en 2008. El año 2010 fue declarada Bien Cultural de Interés Nacional, debido al buen estado de conservación de su maquinaria.

El conjunto formaba un gran complejo industrial donde se desarrollaban los diferentes procesos textiles. Disponía de una bifurcación de la vía del tren hasta el muelle de carga y descarga ubicado en la misma empresa.

La fábrica aprovechaba la energía del río Ter a través del "Canal de las Industrias". A finales del siglo XIX, las irregularidades del caudal hacen que se opte primeramente por el carbón de Osor, hasta que se construye el edificio

del vapor. Más adelante promovieron la construcción del salto del Pasteral para obtener energía eléctrica desde donde se suministró electricidad, tanto en la fábrica como en toda la comarca, hasta que en 1960 se explotó conjuntamente con Hidroeléctrica de Cataluña.

El Molinar de Alcoy (Alicante)

Es un conjunto de antiguas fábricas textiles. En 1819 se introdujeron en Alcoy las primeras máquinas de hilar y cardar. La mayoría de los edificios fabriles que se han conservado hasta nuestros días muestran unos patrones constructivos de características similares. Se puede hablar de una tipología: bóvedas en la planta baja o semisótano, pilares de sillares o ladrillos en la planta primera, y planta superior diáfana que deja ver las cerchas articuladas que sustentan la cubierta. Las chimeneas se incorporan a los edificios paulatinamente, a partir del último tercio del siglo XIX.

La parte alta de El Molinar conoció la instalación de los primeros batanes y molinos harineros desde la primera mitad del siglo XIV. Es entonces cuando se construye la red hidráulica que se mantendrá sin grandes modificaciones hasta finales del siglo XVIII cuando El Molinar, según constata Cavanilles en 1795, contaba con 12 molinos papeleros, 7 harineros y 13 batanes.

Poblado ferroviario de Monfragüe (Cáceres)

Los primeros estudios y proyectos para la construcción de un ferrocarril en la zona, vinculados al trayecto entre Madrid y Malpartida de Plasencia Ferrocarril del Tajo, datan de 1856, cuando el gobierno de la época dispuso oficialmente que se tendiera un ferrocarril hacia el oeste peninsular.

La elección de Malpartida de Plasencia como enclave final del tramo del ferrocarril del Tajo, obedeció a las dificultades de llevar el trazado hasta la misma ciudad de Plasencia. Las obras de construcción del tramo desde Madrid hasta la estación de Malpartida de Plasencia concluyeron en 1879. La estación tuvo un importante papel al ser pie de rampa, lo que obligaba a ser cabecera de comarca de muchos trenes entre esta estación y la localidad salmantina de Béjar.

A comienzos del siglo XX, el poblado ferroviario fue adquiriendo su particular morfología. La dotación de instalaciones de la estación requirió, ya desde un pri-



El Molinar de Alcoy es un conjunto de antiguas fábricas textiles. Foto: TICCIH.



La Bodega Viña Tondonia fue una iniciativa de Rafael López de Heredia, en 1877. Foto: TICCIH.

mer momento, de una importante masa laboral que hiciera posible explotar correctamente un nuevo nudo ferroviario ubicado en medio de la dehesa.

Fábrica de conservas y factoría ballenera Massó (Pontevedra)

Massó Hermanos S.A. fue una de las más grandes empresas de Galicia. Ligada al sector conservero, su carácter, su historia y sus restos, aún visibles, forman parte del paisaje industrial en muchos lugares del litoral gallego.

La empresa se fundó en 1894, por uno de los promotores catalanes que se encontraba afincado en Galicia. Salvador Massó Palau trajo en 1816 hasta Bueu a siete franceses que conocían el proceso industrial de las salazones. Entre ellos estaba Pascual Dargentón Lafont, con el que crea la primera fábrica de conservas, llamada La Perfección. Sin embargo, esta sociedad se disolvió en 1898.

En 1941, la familia Massó construye en la zona conocida como Salgueirón, la mayor fábrica de conservas de Europa. Esta industria ejerció un importante impulso sobre industrias auxiliares, como la fabricación de envases y litografiado de hojalata, hielo, fundición y talleres mecánicos, y preparación de cierres de plástico.

Central Térmica de Alcudia (Islas Baleares)

En 2007, el Concell de Mallorca convocó un concurso internacional de ideas para la reconversión en museo de este excepcional ejemplo del patrimonio industrial de las Islas Baleares.

Sin embargo, actualmente la Central está abandonada, y sus grandes dimensiones han convertido el complejo en un

elemento de discontinuidad en los recorridos del entorno. Lamentablemente, su estado de abandono es aún más evidente a causa de la posición dominante del edificio en la bahía. En el interior, además del panel de mandos, aún se conservan muchos de los elementos de la maquinaria original, que convendría inventariar y proceder a su restauración antes de que el tiempo haga más estragos en ellos.

La Central Térmica de Alcudia se construyó entre 1955 y 1958 por iniciativa del Instituto Nacional de Industria (INI). El conjunto de la Central es uno de los ejemplos más importantes de arquitectura industrial de las Islas Baleares.

Bodegas R. López de Heredia, Viña Tondonia (La Rioja)

En la ciudad de Haro, capital de La Rioja Alta, se encuentran las Bodegas López de Heredia, las más antiguas de este municipio y una de las tres primeras de La Rioja. Corría el año 1877 cuando, fruto de las inquietudes creadas a mediados de siglo por la llegada de los negociantes vinateros franceses (venidos a La Rioja para solucionar los problemas causados por la filoxera en sus viñedos), Don Rafael López de Heredia y Landeta, gran entendido de los conocimientos de estos profesionales, decide seguir sus pasos y comienza a planificar y construir lo que hoy en día es la bodega.

La Bodega Viña Tondonia no obedeció a un diseño unitario, sino que se integraron naves francesas. En la arquitectura del vino de crianza de denominación Rioja, la conformación del modelo contemporáneo de producción industrializada se produjo en el último cuarto del siglo XX con cuatro bodegas: Marqués de Riscal (desde 1858), en Elciego; Marqués de Murrieta (1872), en

Finca Igay, y R. López de Heredia (1877) y Compañía Vinícola del Norte de España-Cvne (1879), ambas en Haro.

Conjunto hidráulico del Canal Isabel II (Comunidad de Madrid)

Esta gran obra de ingeniería del siglo XIX se diseñó para abastecer de agua a la capital, que estaba en pleno crecimiento. El conjunto de infraestructuras de abastecimiento de aguas, centralizadas en el Canal de Isabel II, incluyen embalses, presas, azudes, estaciones de bombeo, estaciones de tratamiento de aguas, depósitos reguladores, y canales de distribución. La red principal de canalización de este abastecimiento corresponde a la cuenca del Lozoya, y puede calificarse como la mayor obra de ingeniería del siglo XIX.

En julio de 1851, y con la presencia del príncipe consorte D. Francisco de Asís, el ministro Juan Bravo Murillo y otros destacados personajes del gobierno, tuvo lugar el acto de colocación de la primera piedra de la presa de El Pontón de la Oliva, inaugurando de este modo las colosales obras de construcción del Canal de Isabel II.

Además del paredón escalonado, la presa de El Pontón de la Oliva dispone de un aliviadero parcialmente excavado en la roca caliza, una torre de toma de planta octogonal, conformada con sillaría, una casa de compuertas y miradores a distintos niveles salvados por escaleras.

Paisaje industrial de la Sierra Minera de Cartagena-La Unión (Región de Murcia)

La intensa actividad minera ha legado un valioso patrimonio industrial y un paisaje minero singular, que ha sido declarado



Presa de El Pontón de la Oliva, en la Comunidad de Madrid.



Antiguos Altos Hornos de Vizcaya. Foto: TICCIH.

como Bien de Interés Cultural, en la categoría de sitio histórico.

La Sierra de Cartagena-La Unión contiene importantes yacimientos minerales metálicos, principalmente de plomo y zinc, y se caracterizó por una intensa actividad minera ya en tiempos de cartagineses y romanos. El boom de la minería en el siglo XIX llenó esta sierra de explotaciones subterráneas, y a partir de 1950, la minería a cielo abierto provocó un brutal impacto sobre el paisaje, hasta el cierre definitivo de la minería en 1991.

La intensa actividad minera nos ha legado un valioso patrimonio industrial disperso a lo largo de toda la Sierra: castilletes, casas de máquinas, chimeneas, hornos, polvorines, lavaderos, túnel y tren minero, además de las grandes cortas a cielo abierto que han transformado el paisaje, y un entramado subterráneo de galerías y pozos. En la actualidad, el paraje es visitable.

Industrial Urbana Matesa Iwe (Navarra)

Originalmente la fábrica se dedicó a la producción de tejidos de seda, hasta que en 1953 se especializó en la fabricación de telares Iwer. Tras sufrir un incendio en 1981 y cesar en la fabricación, los edificios de Matesa se reforman, en 1988, para destinarlos a oficinas y locales de pequeñas empresas.

Este conjunto fabril presenta una composición llamativa. La construcción responde al modelo de la fábrica de pisos para ajustarse a las características de la producción textil, y su armazón consta de sólidas estructuras de hormigón armado con el fin de soportar las grandes cargas de la pesada maquinaria textil.

La ordenación original de esta factoría se articulaba mediante una interesante planta en H. El brazo más cercano a

la carretera se reservó a los roperos, comedores, edificio de oficinas y torre del reloj, mientras que el situado al fondo se destinó a los telares.

Altos Hornos de Vizcaya (Bizkaia)

Altos Hornos de Vizcaya (AHV) fue la mayor empresa de España durante gran parte del siglo XX. Surgió por la fusión de varias empresas siderometalúrgicas de Bizkaia. Su crecimiento se debió principalmente a la importación de tecnología británica y estadounidense, a la adquisición de otras pequeñas empresas del sector, y a otros factores histórico-políticos, como la Primera Guerra Mundial, que impulsó sus exportaciones.

Fundada en 1902, estuvo ubicada en Baracaldo y Sestao. Las empresas que la crearon fueron Altos Hornos de Bilbao, La Vizcaya (que contaba con instalaciones siderúrgicas integrales) y La Iberia (una hojalatería dependiente de La Vizcaya), debido al gran auge del sector y a la necesidad de fusionarse para mantener su estatus de empresas importantes.

Después de una dura reconversión industrial en la década de 1980, en la que aún contaba con 11.000 trabajadores directos, el 7 de julio de 1996 tuvieron que cerrar definitivamente sus últimas instalaciones. Tras diversas vicisitudes, el Gobierno Vasco catalogó el Horno como Bien Cultural Calificado en 2005. Al mismo tiempo, el Ministerio de Cultura lo incluía dentro del Plan Nacional de Patrimonio Industrial. En la actualidad, se está restaurando por fases, en un programa desarrollado por el IPCE (Instituto del Patrimonio Cultural de España).

Fundación del Patrimonio Industrial de Puerto de Sagunto

Además del Comité Internacional para la Conservación del Patrimonio Industrial,

también existen fundaciones que tienen como objetivo preservar el patrimonio industrial de una región o de una determinada comarca.

En la provincia de Valencia encontramos la Fundación de la Comunidad Valenciana de Patrimonio Industrial y Memoria Obrera de Puerto de Sagunto, de carácter cultural y sin ánimo de lucro, bajo la tutela del Protectorado que ejerce la Generalitat Valenciana. La Fundación es una entidad adherida al proyecto europeo European Route of Industrial Heritage (ERIH). Sus fines y cometidos son estudiar, conservar, difundir y llenar de contenido los conocimientos, los recuerdos, los sonidos, los objetos materiales, las imágenes y cualquiera otro elemento que configuró las actividades de origen siderúrgico que han tenido lugar en Sagunto en el siglo XX, así como fomentar la protección, conservación y proyección social a futuro del Patrimonio Industrial de la Comunidad Valenciana.

Este objetivo se ha materializado en un Museo y su Archivo en torno al Horno Alto núm. 2 (construido en 1922) y otras edificaciones existentes, para conservar y transmitir una cultura a través del carbón y del acero, y al mismo tiempo rendir homenaje a los miles de trabajadores y trabajadoras en sus áreas específicas, que contribuyeron al funcionamiento de una gran instalación industrial que determinaba los ritmos vitales y la misma existencia del núcleo de población del Puerto de Sagunto.

En la actualidad, se conservan algunos restos de la siderurgia que forman parte del patrimonio histórico-industrial, en el que hay que incluir también los edificios civiles y viviendas directamente ligados a la vieja empresa de Altos Hornos, que tienen un tratamiento especial debido a su carácter histórico.

Servicio de Reclutamiento y Selección de Ingenieros

El ingeniero que buscas está aquí

¿QUÉ TE OFRECEMOS?

Metodología de selección de probada eficacia

Sello de profesionalidad de la colegiación y la Acreditación DPC

Expertise en la ingeniería de la rama industrial

Garantía de calidad respaldada por COGITI



Más información:
www.proempleoingenieros.es
cogiti@cogiti.es
91 554 18 06

María Moro Piñeiro

Experta en patrimonio industrial y miembro del TICCH

“Hace falta una legislación específica para el Patrimonio Industrial, como hay en otros países”

Mónica Ramírez

Un libro inglés que cayó en sus manos hizo despertar su pasión por el patrimonio industrial, cuando en España este concepto era todavía prácticamente inédito. Todo estaba por hacer en la preservación de dicho patrimonio, y su interés por esta materia fue tal que no dudó en hacerse miembro del Comité Internacional para la Conservación del Patrimonio Industrial (TICCIH), organización internacional fundada en 1973, orientada a la protección de la herencia cultural de la industria y la sociedad industrial, incluyendo la arqueología industrial. Desde entonces, María Moro Piñeiro ha participado en numerosos congresos y proyectos de rehabilitación. Aunque también tuvo que presenciar hechos lamentables, como la ruina de la Azucarera de Gijón o el derribo de la fábrica de gas, de esta misma ciudad, y ver la máquina de vapor vandalizada acabar en la chatarra. Sin embargo, su perseverancia y firmeza en la defensa de este patrimonio también ha dado sus frutos, y ha logrado conservar emplazamientos y elementos que se encontraban amenazados.

A la largo de esta extensa entrevista, María Moro nos guía por los entresijos del patrimonio industrial y nos explica cuáles son sus próximos proyectos.

¿Qué se entiende por Patrimonio Industrial?

La definición de lo que es este patrimonio, la proporciona el propio Comité Internacional para la Conservación del Patrimonio Industrial (TICCIH) y es la siguiente: *Patrimonio Industrial es el conjunto de restos de la cultura industrial que poseen valor histórico, tecnológico, social, arquitectónico o científico. Pudiendo consistir en edificios, maquinaria, talleres, molinos, fábricas, espacios para procesar o refinar, almacenes y depósitos, lugares donde se genera, se transmite y se usa energía, medios de transporte y toda su infraestructura, espacios*



María Moro Piñeiro.

en donde se desarrollan las actividades sociales relacionadas con la industria, vivienda, culto religioso o educación. Cronológicamente, la industrialización se acota en un periodo comprendido entre mediados del siglo XVIII al XX.

Se trata de una definición amplia y que abarca una gama de bienes muy diversos, que se clasifican en diferentes categorías: bienes inmuebles, bienes muebles, archivos y documentos y bienes inmateriales.

Los bienes inmuebles pueden ser elementos industriales aislados, paisajes industriales y sistemas y redes industriales. En los bienes muebles se incluyen artefactos aislados, utillajes, mobiliario y accesorios del entorno social del trabajo, así como archivos, catálogos, planos, proyectos de obra, etc. Pero existe una categoría más a reseñar, y es la constituida por bienes inmateriales e intangibles; ésta incluye los testimonios de los trabajadores de aquellas industrias, la memoria del trabajo y de la cultura industrial,

creada en torno a él durante ese periodo. Todo ello constituye un legado inmaterial, y uno de los más frágiles, que se puede y debe preservar utilizando como fuente la historia oral, a través de entrevistas dirigidas a los trabajadores y técnicos, mientras que ello sea posible.

¿Cuándo comenzó a protegerse el patrimonio industrial en Europa y en España?

El país en el que se acuñó el término *Industrial Heritage* o “Patrimonio Industrial” y en el cual comenzó a considerarse que los elementos procedentes de la industrialización constituían un patrimonio específico, que debía ser catalogado, estudiado, preservado y transmitido a las generaciones venideras, fue Gran Bretaña, el primer país en valorar el Patrimonio Industrial. Allí se creó un comité específico con tal objetivo, el *National Committee of Survey for Industrial Monuments*, en el año 1959.

A comienzos de los años 60, partiendo de investigaciones y estudios realizados en las universidades inglesas, y con el apoyo de asociaciones locales, surgió una nueva disciplina: la “arqueología industrial” y la *Asociation for Industrial Archeology* (AIA).

En *Coalbrookdale*, próximo al río *Severn*, aprovechando la navegabilidad estacional que ofrecía el río para el transporte, tanto de materias primas como de mercancía, en un tiempo en el que aún no existía ferrocarril, funcionó una empresa siderúrgica, en la que se fundió por primera vez hierro usando hulla, *coke*, en lugar de carbón vegetal. Allí se creó el primer museo industrial, el museo *Ironbridge*, que se convirtió en referente para los museos industriales que se fueron creando posteriormente en Europa. El museo acogió la primera conferencia sobre el Patrimonio Industrial (PI), a raíz de la cual se creó *The International Committee for the Conservation of the Industrial Heritage* (TICCH). En cuanto a España,



Ironbridge Museum. Puente de Ironbridge, lugar donde se emplazó el primer museo histórico de la industria. El puente fue inaugurado el 1 de enero de 1781. Foto: © Usuario: Colin/Wikimedia Commons / CC BY-SA 4.0.



Paisaje minero del Valle de Turón, en Asturias.

la ley de Patrimonio Histórico español, donde se encuentra encuadrado el PI, es de 25 de junio de 1985. Las diferentes comunidades autónomas también han ido legislando sobre el PI.

Me gustaría señalar que este patrimonio posee características propias y especificidades reseñables, entre ellas, su enorme fragilidad. Es preciso incidir en ello porque una máquina antigua y en desuso puede fácilmente terminar acharrada, y podría tratarse de la única o la última muestra que se conserve de su clase.

¿Y en el caso de los bienes inmuebles?

Cuando se trata de bienes inmuebles, es de reseñar que este patrimonio permite su reutilización para fines distintos a los originales; esa flexibilidad que en principio supone una ventaja para facilitar su salvaguarda, se ha convertido en un arma de doble filo en algunos casos, porque intervenciones desafortunadas, los han despojado de su historia y significado, descontextualizándolos al utilizarlos como mera carcasa o contenedor, eliminando su historia y su memoria.

Otro de los factores de diferenciación del PI reside en que los criterios de valoración por los que se rige son diferentes a los del patrimonio entendido en su acepción clásica. En el patrimonio que denominaremos histórico-artístico, su valoración puede basarse en parámetros tales como la calidad artística del elemento tomado aisladamente, su originalidad, su antigüedad, su relevancia arquitectónica, su autoría, la corriente estilística en la que se inscribe o su monumentalidad según los casos. Además, en dicho patrimonio el entorno actúa como un marco en el que el bien se encuadra. En el caso del PI no ocurre así, entorno y paisaje forman un todo indisoluble con los ele-

mentos o bienes industriales, ya que la industrialización y los procesos a los que ha dado lugar han actuado y en ocasiones de forma dramática y radical, como factores de transformación del territorio en el que se implantaron, modelándolo y configurándolo. Por ello, en muchos casos, entorno y paisaje forman un todo indisoluble con el elemento a preservar, y es dentro de ese contexto en el que éste cobra sentido y puede ser correctamente interpretado.

Por último, quisiera referirme a otro término que en ocasiones no se utiliza correctamente y es el de "arqueología industrial", que en sentido estricto se corresponde, en cuanto a métodos y objetivos, con los de la arqueología, como ciencia que estudia, describe e interpreta la cultura, la sociedad y los cambios producidos, a través de los restos materiales, pero en este caso, de los referidos al periodo industrial. Un ejemplo representativo de esta actividad es el trabajo arqueológico realizado en los casqueros de vidrio o loza de antiguas fábricas, y que a través de la datación y recuperación de las manufacturas o de sus restos, reconstruye e interpreta los procedimientos, métodos y medios de fabricación con los que fueron producidas. De hecho, las primeras ocasiones en las que se llevaron a cabo actuaciones de "arqueología industrial" fue en *Ironbridge* para rescatar el antiguo horno.

¿Existen diferencias en su tratamiento entre los diferentes países?

Los distintos países europeos, así como EE.UU., Canadá o Japón, se han ido incorporando al reconocimiento del PI, como patrimonio específico, y han elaborado legislación muy diversa para preservarlo. Cabe reseñar ciertas diferencias relativas a las intervenciones y a la gestión en cada país.

En Inglaterra, país pionero en el tema, que conozco bastante bien, la conservación de PI en general es preventiva y sostenida a lo largo del tiempo. Las intervenciones al que se somete al PI suelen ser puntuales, mínimas y llevadas a cabo en numerosos casos por asociaciones locales o por grupos de voluntarios, que de forma colaborativa han trabajado y continúan haciéndolo para mantener en pie instalaciones industriales diseminadas por el país, recreando actividades o procesos relativos a la industrialización y a su cultura, o bien restaurando máquinas o artefactos ferroviarios y poniéndolos de nuevo en funcionamiento. A ello se suma una ingente actividad coleccionista, que se ha plasmado en la existencia de numerosos y pequeños museos locales, temáticos y enfocados a utillaje, vehículos o manufacturas de marcas concretas, generalmente surgidos por iniciativa privada y que exhiben el material recuperado con desigual acierto y con criterios museísticos tal vez discutibles o mejorables, pero a los que en cualquier caso hay que reconocerles su enorme y valiosa contribución en su preservación. Sin su dedicación y esfuerzo, esos bienes no habrían llegado hasta nosotros. Hay que citar proyectos de importancia como la preservación de las fábricas de hilaturas de algodón, los *cotton mills* situados en torno al río *Derwent*, cerca de *Sheffield* y *Nottingham*; entornos rurales hasta la primera industrialización y en los que se comenzó a producir en cantidades hasta entonces desconocidas, lo que dio lugar al surgimiento de núcleos urbanos obreros. Actualmente, una de las antiguas fábricas alberga el Museo del Trabajo Textil, otra acoge el centro de visitantes del *Derwent*. Allí se conservan máquinas como la famosa *spinning Jenny*, una hiladora múltiple que en su momento fue una importante innovación técnica.



Antigua fábrica de armas de La Vega, en Oviedo. Foto: YandraK/Wikimedia Commons/ CC BY-SA 4.0.

¿Y en lo que respecta a España?

En nuestro país, por el contrario, las intervenciones suelen llevarse a cabo sobre bienes inmuebles principalmente y han sido generalmente radicales, profundas y costosas, a cargo de la administración central, las administraciones autonómicas o las locales, y condicionadas por el mal o incluso pésimo estado en el que se encontraban muchos de esos edificios tras largos años de abandono, dejadez, expolio y vandalismo. Pero también es creciente el número de asociaciones que en los últimos años tienen como objetivo el estudio y la preservación de bienes, inmuebles o conjuntos de PI.

En España surge la Ley de Patrimonio Histórico Español de 25 de junio de 1985, dentro del cual se incluye el PI, aunque no es una Ley específica para este patrimonio. En 1992, el VII Congreso del TICCH se celebró en Madrid, y tuve el honor de participar, como en algunos anteriores, dando a conocer la situación del PI en Asturias. Más adelante, en el año 2000, se puso en marcha el Plan Nacional de Patrimonio Industrial del Instituto de Patrimonio Histórico Español, que hubo de realizar interven-

ciones de urgencia para evitar la ruina o la pérdida de bienes muy valiosos, realizando 49 intervenciones en total. En Cataluña, sin embargo, desde 1981 funciona el Museo de la Ciencia y la Técnica, con sede en Tarrasa, ubicado en una antigua fábrica textil, conocida como "el vapor Aymerich", y que coordina 16 museos repartidos por diferentes localidades, algunos de ellos preindustriales.

¿Qué aporta el Patrimonio Industrial y a qué disciplinas compete?

El PI posee un valor añadido y es el de propiciar y concitar la interdisciplinariedad en torno a sí; podría decirse que permite múltiples lecturas. Forma parte de la historia de la ciencia y la tecnología, y por ello interesa a las ciencias en general, ingenieros, arquitectos. Es materia y objeto de investigación y estudio, pudiendo convertirse en especialidad propia de escuelas de ingeniería, pero compete igualmente al campo de las humanidades en geografía, historia contemporánea, sociología o historia económica. Su interés no se restringe al ámbito de lo académico y lo universitario, sino que convenientemente rehabilitado y expues-

to puede convertirse y, de hecho, ya se ha convertido en muchos casos, en un recurso cultural capaz de dinamizar la región o la comarca en la que se encuentra, y puede ser materia alrededor de la que se desarrollen actividades y visitas en las escuelas.

¿Qué usos se le pueden dar al patrimonio industrial?

Es un patrimonio que por su propia naturaleza posibilita una reutilización más flexible que la que cabría aplicar a un monumento, permitiendo que pueda servir para fines muy diversos. Una vieja fábrica puede pasar a convertirse en un espacio de ocio, cultural, polivalente, albergar espacios de trabajo, transformarse en un edificio de viviendas, en un museo, o integrarse en un conjunto más amplio, pasando a formar parte una ruta temática, dependiendo del caso concreto.

El uso museístico puede ser en ocasiones el más adecuado, pero no tiene por qué ser necesariamente el único destino. Quisiera añadir que el PI posee la capacidad de actuar como un catalizador de la cohesión social, de convertirse en una seña de identidad, a menudo su conservación concita el interés de la ciudadanía y lleva a la creación de plataformas o grupos de voluntarios que colaboran en su salvaguarda por diferentes motivos, y en los que confluyen personas de distintas generaciones, profesiones y condición, en un proceso de apropiación social de las huellas del pasado, de la memoria del trabajo y de la historia local.

En suma, el PI posee un gran potencial, que adecuadamente preservado y gestionado puede convertirse en un recurso cultural, con la capacidad de atraer turismo cultural a zonas y regiones deprimidas, antes industriales y prósperas y en las que cierres, reconversiones y procesos de desindustrialización han dejado un rastro de elementos industriales en desuso, que con el tiempo y la inacción, acabarán por degradarse.

No quisiera terminar sin citar el caso de Francia, que aportó en su momento un concepto novedoso, el de ecomuseo, que surgió en 1971. En el este del país, las ciudades de Creusot y Monceau – les – Mines habían sufrido una severa reconversión que dejó como balance numerosas instalaciones industriales y extractivas abandonadas y una región deprimida. En 1973 se creó el ecomuseo de *Creusot*, con una concepción integral

que sobrepasa a los inmuebles industriales recuperados individualmente y que abarca al territorio en su conjunto.

Como experta en la materia, ¿cuándo comenzó a trabajar en este campo? ¿Cómo fueron sus inicios?

Descubrí el PI a través de un libro inglés que cayó en mis manos, hace ya muchos años, cuando en España el concepto y el término eran todavía inéditos, y me apareció un campo de conocimiento apasionante, por aquel entonces en nuestro país con respecto al PI todo estaba por hacer. Me pareció que mi formación técnica me proporcionaba una enorme ventaja en la comprensión y valoración de las tecnologías, pero sentía que tenía carencias en los aspectos históricos y geográficos, y para solucionarlo hice una licenciatura en Geografía e Historia.

Me hice miembro del TICCIH participando en varios de sus congresos con comunicaciones sobre el tema, y eso me dio la oportunidad de conocer a fondo el patrimonio industrial europeo, museos, centros de interpretación en Gran Bretaña y Francia; incluso de asistir a la creación de algunos proyectos como el de *Nort pas de Calais*. Participé también en el VII Congreso Internacional celebrado en Madrid en el año 1992. Los miembros españoles, como anfitriones, llevamos al resto de los congresistas a visitar la Real Fábrica de la Moneda en Segovia, que por entonces estaba en muy mal estado. Había albergado una empresa harinera y estaba por entonces abandonada. En la Granja de San Ildefonso visitamos también la Real Fábrica de Vidrios, afortunadamente ambos establecimientos se salvaron de la ruina y en ese último colaboré. También he tenido ocasión de participar en los congresos de la APPI, la Asociación Portuguesa de Patrimonio Industrial, como miembro, lo que me ha dado ocasión de conocer a fondo el PI portugués. Resultaba desalentador regresar tras aquellos congresos y contemplar el abandono en el que se encontraba nuestro PI, y la falta de sensibilidad de las distintas administraciones, que en el mejor de los casos lo consideraban un patrimonio de segunda clase. No obstante, también hubo excepciones, y eso permitió salvar de la destrucción algunos bienes, aunque muchos se destruyeron.

¿En qué catalogaciones o rehabilitaciones ha participado?

Mi primer trabajo de PI fue un proyecto de rehabilitación de unos elementos urbanos, unas cubiertas de hormigón, conocidos como los paraguas, obra de Ildefonso Sánchez del Río, que se instalaron en Oviedo para proteger a los vendedores del mercado de la lluvia. Sánchez del Río fue un especialista en cubiertas de hormigón armado, desde su fábrica Río Cerámica producía sus patentes, estructuras laminares de grandes luces. Tuvo un gran reconocimiento internacional; posteriormente pude catalogar uno de los varios depósitos de agua que construyó en Asturias, conocidos popularmente como "pulpos" por su forma.

Me tocó presenciar la ruina de la Azucarera de Gijón, y ver la máquina de vapor vandalizada acabar en la chatarra; parte de los archivos pude salvarlos cuando la ruina era inminente. También presencié el derribo de la fábrica del gas de Gijón, cuya documentación gráfica terminó en la calle entre los restos del derribo y que conservo en casa. Formamos la plataforma por la defensa de la estación de la Sociedad de Ferrocarriles Vasco Asturiana, conocida popularmente como "la estación del Vasco" en Oviedo, una línea férrea mixta, industrial y de pasajeros, que finalmente fue derribada para construir en su lugar un edificio que ni mejora ni supera lo destruido. La fábrica de loza de San Claudio, con su horno en forma de botella, actualmente en ruinas; sin embargo, logré que se conservaran los cargaderos de carbón del puerto de San Esteban. El alcalde finalmente decidió preservarlos, realicé la catalogación del PI del concejo de Mieres para su Ayuntamiento, y al hacerlo se pudieron conservar bastantes elementos amenazados, una colonia obrera, la de Bustiello, inaugurada en 1895 y creada por el marqués de Comillas, propietario de la Hullera Española, siguiendo el modelo de viviendas de Mulhouse que había sido premiado, una nave modernista, tantas cosas. También participé en la catalogación y rehabilitación de patrimonio preindustrial, ferrerías, batanes, tenerías.

¿Existe patrimonio industrial amenazado en la actualidad?

Desafortunadamente, la respuesta es sí, y he de añadir, además, que es mucho y muy valioso el PI en riesgo de destrucción. No es una afirmación gratuita. El propio TICCIH ha realizado una lista de los 100 elementos del PI en España, un inventario de los bienes de mayor valor

y singularidad existentes en nuestro país, 8 de los cuales están en Asturias; pues bien, ni siquiera formar parte de ese ranking les asegura a los elementos que lo integran gozar de la adecuada protección, sino que ni siquiera garantiza que no vayan a ser destruidos y desaparecer.

¿Qué medidas se podrían llevar a cabo para paliar esta situación?

Se echa en falta una legislación por parte de la Administración central específica para el PI, como ocurre en otros países europeos. También habría que armonizar la legislación existente en las diferentes comunidades, que es muy heterogénea y al menos consensuar criterios, y por supuesto realizar un inventario exhaustivo del PI, estableciendo grados de protección, niveles de riesgo. Aparte de los 100 elementos reseñados por el TICCIH, existen muchos otros de enorme interés y valor.

¿Cuáles son sus próximos proyectos?

Recientemente se ha creado la Plataforma en defensa de la fábrica de la Vega, en Oviedo, una de las dos fábricas de armas de Asturias, impulsada por profesores de la Universidad de Oviedo, personas relacionadas con el PI y antiguos trabajadores de la misma, a la que me he unido en cuanto me enteré de la iniciativa. La plataforma se presentó en el Museo Arqueológico de Oviedo el pasado 5 de marzo y contó con una gran asistencia ciudadana. Curiosamente esa fábrica, junto con la de armas de Trubia, forman parte de la lista de los 100 elementos "estrella" de Patrimonio Industrial de España seleccionados por el TICCIH; sin embargo, y pese a ello, actualmente está amenazada por un proyecto que de llevarse a cabo desviaría el tráfico por el recinto fabril; en concreto por una de las naves, la de *Sánchez del Río*.

Además de su innegable interés y valor histórico industrial y de la calidad arquitectónica de sus edificios, es un bien emblemático y muy representativo para la ciudad de Oviedo, y al mismo tiempo también una gran desconocida para los ovetenses y los asturianos, en general, que solo han podido contemplarla desde el exterior, al haber sido durante muchos años un establecimiento de carácter militar por su actividad y acceso restringido. Yo tuve la suerte de conocerla en funcionamiento en visitas concertadas con mis alumnos, cuando se incorporó a la multinacional *General Dynamics*, ya que contaba con tecnología puntera.



El Canal de Castilla a su paso por Tamariz de Campos, en Valladolid. Foto: Consorcio para la Gestión Turística del Canal de Castilla.

El Canal de Castilla, el sueño de la meseta castellana por alcanzar el mar

El gran sueño fluvial del siglo XVIII cuenta con un espectacular canal de 207 kilómetros, que en su momento de mayor apogeo permitió la navegación de 400 barcazas e impulsó el desarrollo económico de la región. Hoy en día, esta gran obra de ingeniería civil, que discurre entre las provincias de Palencia, Valladolid y Burgos, supone un importante recurso turístico de Castilla y León

Mónica Ramírez

La Junta de Castilla y León, por Decreto de 13 de junio de 1991, declaró el Canal de Castilla Bien de Interés Cultural, en la categoría de Conjunto Histórico. La historia de esta ingente obra civil comenzó con una ambiciosa idea del visionario Zenón de Somodevilla y Bengoeche, primer marqués de la Ensenada, que fue consejero de Estado durante los reinados de Felipe V, Fernando VI y Carlos III, y que propuso al segundo construir

una red de canales que atravesara toda Castilla, desde Santander a Segovia y, posteriormente, Madrid, para articular el territorio y favorecer el desarrollo económico.

La idea, sin embargo, no era nueva. Ya existían proyectos de la época de los Reyes Católicos y de Carlos I en los que se planteaba la necesidad de hacer navegables los ríos de la submeseta norte para facilitar el transporte de productos agrarios. El motivo que subyacía detrás

de este gran proyecto era el interés por comerciar con los excedentes de los cereales.

El Canal de Castilla tiene sus orígenes, por tanto, en el reinado de Fernando VI. El ingeniero Antonio de Ulloa fue el encargado de diseñar los estudios preliminares de este ingenio hidráulico después de viajar a Francia y ser asesorado por el ingeniero francés Carlos Lemaur.

Las obras de este macroproyecto, la obra de la Ingeniería civil más impor-



Esclusa nº 33 y fábrica de harinas, a su paso por Villamuriel de Cerrato (Palencia).

tante del siglo XVIII, comenzaron el 16 de julio de 1753 en Calahorra de Ribas (Palencia) y finalizaron en 1849 en Medina de Rioseco (Valladolid). El proyecto inicial recogía la construcción de cuatro canales, con la intención de unir Segovia y Reinosa (Cantabria), y alcanzar, en un futuro, el puerto de Santander, atravesando la Cordillera Cantábrica. Sin embargo, los avatares históricos, como las sucesivas bancarrotas del Estado y las guerras de la Independencia, primero, y las Carlistas, después, provocaron el retraso de las obras del proyecto hasta reducirlas a su extensión actual.

Como explica Mercedes Cofreces, gerente del Consorcio para la Gestión Turística del Canal de Castilla, esta gran construcción "supuso ante todo el sueño de la Ilustración, una obra de gigantes que nació del entusiasmo y del empeño por avanzar, por sacar a la España del s. XVIII de su aislamiento físico y de su atraso económico. Al mismo tiempo, supuso una revolución en la política de transportes, impulsada por el Marqués de la Ensenada bajo el reinado de Fernando VI. El proyecto fue crear una red de carreteras apoyada en canales navegables que permitiera el transporte de las importantes producciones cerealistas de la meseta castellana, sacándolas a otros centros consumidores de España, y también al mar por el puerto de Santander".

En 1792 comenzó la navegación comercial por el Canal, aunque todavía no había concluido toda la construcción. A medida que se iba avanzando en esta gran obra de ingeniería civil, se fue inun-

dando para utilizarla cuanto antes. Los usos del Canal fueron diversos, ya que además de la navegación, también se aprovechó la fuerza hidráulica para hacer funcionar molinos y fábricas, junto al regadío y la pesca, por parte de la Compañía del Canal de Castilla, empresa privada que se encargó de finalizar las obras a cambio de la explotación económica durante un periodo de 70 años, cuando el Estado fue consciente de que no sería capaz de concluir este inmenso proyecto.

La navegación en el Canal de Castilla alcanzó su mayor auge en la década comprendida entre 1850 y 1860, cuando el tráfico de barcazas rondó la cifra de las 400. La mayoría de ellas se dedicaron al transporte de mercancías, pero también ha quedado constancia de que llegó a haber cuatro diligencias diarias que transportaban pasajeros desde Valladolid a Palencia.

Las barcazas solo podían circular de día y admitían entre 27 y 52 toneladas de carga, principalmente cereales, carbón, textiles y productos de ultramar. Además, a lo largo del recorrido fueron emergiendo nuevas poblaciones y destacadas construcciones, como molinos, astilleros, esclusas y acueductos.

En un principio, las barcazas navegaron movidas por un sistema combinado de arrastre y vela, pero con el paso del tiempo sólo se mantuvo el arrastre mediante caballerías como fuerza motriz.

El declive del Canal llegó con la apertura de la línea de ferrocarril Valladolid-Aralar del Rey, que con trazados casi paralelos indujo al desuso y el cierre defi-

nitivo de la navegación en 1959. No obstante, su cauce siguió proporcionando otros usos derivados de la fuerza motriz, lo que generó un desarrollo económico e industrial en las localidades por las que discurre y propició la construcción de fábricas de papel, harinas, cueros, molinos, armas e incluso astilleros. El Canal de Castilla no era solo una vía de comunicación y para irrigar los campos castellanos, sino que también incitó el despertar industrial de la Región.

"Desde el inicio de su construcción, el Canal de Castilla determinó un importante revulsivo económico para los pueblos de su trazado, proporcionando trabajo e ingresos a sus habitantes (trabajadores de las obras, arrastres de barcazas, venta de granos, alimentación, etc.), además de convertirse en el motor económico de la región, finalidad para la que fue construido. El Canal de Castilla se traslada también hasta nuestros días como una infraestructura de desarrollo económico, permitiendo una importante agricultura de regadío, y el abastecimiento de agua a las poblaciones", señala Mercedes Cofreces.

A ello hay que añadir la utilización de los saltos de agua en los desniveles que salvaban las esclusas, y que "fueron aprovechados a finales del s. XVIII, como fuente de energía para el establecimiento de fábricas en sus orillas: fundamentalmente molinos harineros (21), batanes de lana o de curtidos, y molinos de papel", indica.

A lo largo del recorrido, se pueden ver y en algunos casos visitar diversas construcciones de gran interés patrimonial. Por ejemplo, en Medina de Rioseco (Valladolid), se puede visitar también la Fábrica de Harinas San Antonio, que estuvo en funcionamiento hasta 1999.

Las esclusas del Canal

El Canal de Castilla discurre en tres ramales que forman una Y invertida, a lo largo de 207 kilómetros, superando un desnivel total de 150 metros. Por su parte, la anchura varía entre los 11 y los 22 metros, y tiene una profundidad de metro y medio en el recorrido regular, y dos metros y medio en las dársenas. El ramal norte, de 75 kilómetros, toma sus aguas del río Pisuerga, en Alar del Rey, y finaliza en el río Carrión, en Calahorra de Ribas. El Ramal de Campos, de 78 kilómetros, transcurre entre en la mencionada Calahorra de Ribas y sigue hasta Medina de Rioseco. Por último, el Ramal Sur, de 54



Esclusa ovalada de Calahorra de Ribas. Punto donde comenzaron las obras del Canal de Castilla el 16 de julio de 1753. Ramal del Norte (Palencia).

kilómetros, comienza en la bifurcación del Ramal de Campos en Serrón y termina en Valladolid.

El Canal cuenta con cerca de 50 esclusas: 24 en el Ramal Norte, 18 en el Ramal Sur y 7 en el Ramal Campos, muchas de ellas correlativas para superar profundos saltos, que a su vez generaban energía hidráulica. Inventadas por Leonardo Da Vinci, las esclusas del Canal fueron perfeccionadas para salvar los 150 metros de altura que separan los puntos más alto y más bajo. Estos “elevadores hidráulicos” son básicamente un espacio con compuertas que, mediante el llenado o vaciado del recinto en cuestión, suben o bajan las barcazas a la altura deseada.

En definitiva, son balsas cerradas en sus dos extremos por dos pares de compuertas tipo mitra, que en su parte inferior cuentan con portonas de desagüe mediante el sistema de guillotina. La balsa se rellena abriendo las portonas inferiores hasta que el nivel de la balsa se iguala con el nivel del cauce del Canal. Se procede entonces a la apertura de la puerta y se introduce la barcaza. Están revestidas de sillerías de piedra caliza o arenisca.

“Las esclusas permitían mantener una pendiente mínima que posibilitara la navegabilidad, salvando los desniveles del terreno a través de un mecanismo de apertura y cierre de compuertas; ello posibilitaba el manejo del nivel de

las aguas en el interior del vaso a través de tajaderas, y el paso de la barcaza cuando los niveles de agua se igualaban. Según la forma del vaso existen dos tipos de esclusas: las esclusas ovaladas, construidas en el s. XVIII y por las que podían pasar dos barcazas; y las esclusas rectangulares, construidas en el s. XIX tras la Guerra de la Independencia y que sólo permitían el paso de una barcaza”, explica la gerente del Consorcio.

Puentes y acueductos

El Canal de Castilla abarca un rico patrimonio. “Podemos encontrar obras de ingeniería como presas, retenciones, dársenas, puentes (más de 70), almenaras, alcantarillas, o acueductos. Merece la pena destacar el acueducto de Abánades, cerca de Melgar de Fernamental, por ser una de las realizaciones técnicas más importantes de todo el Canal. Y como patrimonio industrial, podemos encontrar arquetas de riego, postes leguarios, casas del esclusero, fábricas de harina, batanes de lana y batanes de curtidos, fábricas de papel, establecimientos metalúrgicos, almacenes, astilleros, etc.”, señala.

Sin embargo, una buena parte del patrimonio ligado al Canal de Castilla está abandonado y en desuso, lo que hace que su estado de conservación sea regular o malo. “No obstante, en los últimos años se han desarrollado iniciativas

públicas y, también privadas, de rehabilitación, con fines turísticos o culturales que han contribuido a su mantenimiento y recuperación”, subraya Mercedes Cófreces.

A lo largo del recorrido de Canal destacan, por tanto, los puentes y acueductos, que facilitan el cruce del canal con una vía de comunicación (ferrocarril, carretera, caminos, etc.), en el caso de los puentes, y con otras corrientes de agua en el caso de acueductos.

Hay un total de 70 puentes. Algunos son dependientes del propio cauce del Canal y 25 son independientes a las esclusas. Suelen ser de un solo arco, con fuertes petriles y andenes en su base que permiten la continuidad de los caminos de sirga. De estos 25 puentes, 10 se sitúan en el Ramal Norte, 11 en el de Campos y 4 en el Ramal Sur.

En cuanto a los acueductos, los hay de dos clases. El acueducto-puente es la solución adoptada cuando se quiere hacer pasar toda la estructura del Canal por encima de un río o arroyo. Se requiere una fortísima y compleja estructura para soportar todo el vaso del Canal, el agua y los caminos de sirga, sin que a su vez se produzcan filtraciones ni escape de agua. Por su parte, el acueducto-sifón permite el paso de un cauce de agua natural por debajo del Canal.

Dársenas y arcas

Otros elementos fundamentales del Canal son las dársenas y arcas. Las dársenas constituyen los puntos de principal referencia del conjunto del Canal, tanto por su dimensión y carácter como obra hidráulica (puertos de carga y descarga), como por su situación en el nacimiento del Canal en el Ramal Norte (Alar del Rey), al final de los ramales de Campos (Medina de Rioseco) o Sur (Valladolid) o en un punto intermedio próximo a la confluencia de los tres ramales (Palencia).

Por estas circunstancias son los conjuntos con mayor número de edificaciones (almacenes, viviendas, talleres y fábricas de harinas) y los que están más integrados (aunque en áreas de borde) en la trama urbana consolidada de dichos núcleos urbanos. Las dársenas son ensanchamientos del canal, que tienen la finalidad de facilitar la maniobra, el fondeo y el amarre de las embarcaciones; se construyeron con grandes sillares de piedra y constituyen verdaderos puertos de interior. Allí se realizaban las cargas, descargas y tareas propias de la



Acueducto de Abánades, en Melgar de Fernamental (Burgos).

navegación, y disponían de grúas, astilleros, diques, etc., lo que ha conllevado que fueran los que necesitaban un mayor tratamiento tanto en su ordenación y urbanización como en la rehabilitación del patrimonio edificado.

Las arcas, por su parte, sirven para la toma de agua de las acequias utilizadas en el regadío de las tierras, y todavía se conservan.

Recuperación y conservación del patrimonio histórico

El Decreto 205/2001, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Plan Regional de Ámbito Territorial del Canal de Castilla, fue determinante para la recuperación y conservación del patrimonio de esta gran obra de ingeniería civil.

La Confederación Hidrográfica del Duero, con la colaboración del Ministerio de Fomento, a través del Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo, y de la Junta de Castilla y León, a través de las Consejerías de Educación y Cultura y de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, entonces competente en materia de Ordenación del Territorio, había promovido la elaboración del Plan Regional del Canal de Castilla. El objetivo era “establecer un marco normativo que regulase las actuaciones e intervenciones, públicas y privadas, a realizar sobre dicha infraestructura hidráulica y su entorno, así como satisfacer las exigencias de la legislación sobre Patrimonio Histórico Español en su artículo 20, en cuanto al instrumento

de planeamiento de protección de los ámbitos declarados como Conjunto Histórico-Artístico”, como se recoge en el Plan Regional del Canal de Castilla.

En consecuencia, dicho Plan Regional tenía por objeto regular “cuantas actuaciones e intervenciones, públicas y privadas, pretendan realizarse sobre el Canal de Castilla y su entorno”. Asimismo, el Plan cumple las exigencias de la legislación sobre Patrimonio Histórico Español, en cuanto a la elaboración de planeamiento especial de los Conjuntos Histórico-Artísticos.

En el Plan Especial del Canal de Castilla se recogía también el Programa de Actuación y el Estudio Económico, en relación a las actuaciones en las estructuras que se iban a llevar a cabo. En este sentido, se determinaba el orden de prioridad en función, tanto del Grado de Protección, con el que se cataloga al bien objeto de la actuación, como de su estado de conservación.

De este modo, se distinguieron los siguientes tipos de actuaciones: en la estructura, de carácter singular, en bienes catalogados y en áreas de rehabilitación preferente. Además, se indicaban sus características, la estimación del coste de la actuación y la prioridad establecida.

Entre las principales actuaciones que comprendía el Programa se encontraban las obras e intervenciones que era necesario realizar en los caminos de sirga o explotación, de los diferentes ramales, con el fin de recuperar y acondicionar

su trazado teniendo en cuenta los usos permitidos y de acuerdo con lo establecido en los planos de Ordenación y en las Normas Reguladoras.

Otras actuaciones se centraban en la reforestación. La actuación comprendía las obras e intervenciones necesarias, a realizar en los márgenes del canal (tramos entre conjuntos) para su reforestación de acuerdo con lo establecido en los planos de Ordenación y en las Normas Reguladoras.

El Vaso del Canal constituía también otra actuación correspondiente a las obras e intervenciones necesarias, que de forma general o en su caso puntual debían realizarse con el fin de evitar su progresivo deterioro, como la pérdida de estanqueidad y derrumbes de márgenes, en la forma y con las condiciones que se determinan en las Normas Reguladoras.

Por otra parte, en el Plan Especial del Canal de Castilla también se describían las actuaciones programadas con carácter singular y emblemático. Es el caso de estructuras concretas sobre las que había que actuar, como por ejemplo el Centro de Interpretación del Canal. Se proponía la creación de este centro en uno de los almacenes existentes en la dársena de Alar del Rey, una vez rehabilitado; o el Centro de Divulgación e Información sobre los aspectos del Canal y su relación con el Camino de Santiago y el Patrimonio Histórico de los municipios de su entorno, en Frómista.

También se proponía la creación de un Museo Harinero en la Dársena de Medina de Rioseco, concretamente en la fábrica allí existente, así como de una Unidad Didáctica del Agua, en uno de los almacenes que había en la Dársena de Palencia, una vez rehabilitado.

Otras actuaciones que se contemplaban en el Plan Especial era trasladar el Archivo del Canal a uno de los almacenes existentes en la Dársena de Palencia, una vez rehabilitado, y la creación del Museo del Canal en los edificios existentes en Calahorra. También proponía la realización de un Programa de Intervención Arqueológico con el fin de determinar el ámbito y los restos de los poblados, hoy desaparecidos, existentes en su día en las márgenes del Canal.

Actuaciones en los Bienes Catalogados

El Programa de Actuaciones comprendía asimismo las acciones que se iban a llevar a cabo en los denominado Bienes



Fábrica de Harinas, en Abarca (Palencia).

El uso prioritario actual del Canal es el regadío y el abastecimiento de agua a las poblaciones

Catalogados:

- Esclusas: limpieza y desbroce del vaso, cuérnago (cauce) y aliviadero, acondicionamiento de bordes y recuperación de los restos del soporte de los tornos de maniobra original.
- Puentes: reposición de pretil, pavimentación de la calzada, desbroce y limpieza del entorno, y rehabilitación en los casos en que fuera necesario.
- Retenciones: desbroce y limpieza del entorno, pavimentación de la calzada, reposición de pretil, y en los casos que fuera necesario, la sustitución del sistema constructivo empleado en su ampliación de acuerdo con lo especificado en las condiciones generales de las normas, y la rehabilitación del conjunto, incluidos puentes de los caminos de sirga.
- Presas: limpieza del entorno y acondicionamiento de los accesos.
- Acueductos: desbroce y limpieza del entorno, y obras de rehabilitación y formación de pretil, cuando fuera necesario.
- Almenaras: rehabilitación y acondicionamiento del entorno.
- Alcantarillas: reposición de pretil,

La Confederación Hidrográfica del Duero es la encargada de gestionar y explotar el Canal de Castilla

desbroce y limpieza del entorno, y reposición en su caso de la fábrica original.

- Derrames: desbroce y limpieza del entorno, y rehabilitación.

Otras obras de ingeniería y edificios

El Programa de Actuaciones contemplaba, además, una serie de obras de ingeniería, como la rehabilitación y acondicionamiento de dársenas, casetas o refugios, cruceros, ladrones, monumentos conmemorativos, diques secos, barcasas y grúas de draga, embarcaderos, arquetas y desagües.

Asimismo, se indicaban obras de rehabilitación en viviendas del esclusero, cuadras, almacenes, cárcel de penados, molinos harineros, fábricas de papel, de harinas y de piensos, y centrales hidroeléctricas, entre otras.

Por último, se recogían las Actuaciones en Áreas de Rehabilitación Preferente, a los efectos establecidos en la Ley del Patrimonio Histórico Español (Ley 16/95), que eran las siguientes:

- Casa del Rey de Villaumbrales (AR-1).

- Ermita de Sahagún el Viejo (AR-2).
- Acueducto de San Carlos de Abánades (AR-3).
- Tramo entre conjuntos desde el Serón hasta Abarca (AR-4).

El Canal en la actualidad

Hoy en día, el cauce del Canal de Castilla sigue regando un total de 45 poblaciones. La Confederación Hidrográfica del Duero es la encargada de gestionar y explotar este Bien de Interés Cultural, mientras que la Junta de Castilla y León, junto a las diputaciones de Valladolid, Palencia y Burgos, son las administraciones que lo promocionan en el ámbito turístico.

“El uso prioritario actual del Canal de Castilla es el regadío, abarcando 21.000 hectáreas, y también el abastecimiento de agua a poblaciones, en concreto a más de 300.000 habitantes. A este respecto conviene indicar que del Canal de Castilla se abastecen las ciudades de Palencia y Valladolid”, señala la gerente del Consorcio, que recuerda además que los usos del Canal de Castilla los gestiona la Confederación Hidrográfica del Duero, que depende a su vez del Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico.

En lo que respecta a las actuaciones más relevantes realizadas en los últimos años, destaca el Plan de Excelexencia Turística del Canal de Castilla, finalizado en 2011, y llevado a cabo por la iniciativa de tres diputaciones: Burgos, Palencia y Valladolid, con el apoyo de la Junta de Castilla y León y por la Secretaría de Estado de Turismo, en el marco de los Planes de Destino Turístico. “Este Plan supuso la promoción del Canal de Castilla como producto turístico en toda su extensión, es decir, en sus 207 km de recorrido; destinando importantes inversiones para la recuperación de esclusas y edificaciones, para su aprovechamiento turístico”, explica Mercedes Cofreces.

Además, recientemente se ha aprobado en las Cortes de Castilla y León una Proposición No de Ley para declaración del Canal de Castilla como Paisaje Cultural de Castilla y León, y al mismo tiempo se ha solicitado una partida presupuestaria, en forma de porcentaje del presupuesto de gestión del organismo que lo tutela (la Confederación Hidrográfica del Duero), para que sea destinada a la conservación y rehabilitación de su rico patrimonio.

COGITI TOOLBOX

El portal de gestión de licencias de software para colegiados

www.toolbox.cogiti.es



Desde el Consejo General y los Colegios Oficiales de Graduados en Ingeniería rama industrial e Ingenieros Técnicos Industriales de España presentamos el renovado PORTAL COGITI TOOLBOX donde encontrarás el mejor Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción.

PROMOCION
especial



dmELECT
Software de Instalaciones

PACK COMPLETO
dmELECT

77%

Descuento

Instalaciones

- en Edificación
- en Urbanización
- Térmicas

~~P.V. 2.100€ + IVA~~

495€ + IVA



ALP

CMAT

AIRECOMP

RSF



CT

ABAST

CATE

REFRIGERANTE



SOLTE

CIEBT

ALCAN

REDBT



GASCOMB

IPCI

RENOVABLES

CONDUCTOS



REDAT

SANEA

FONTA

CMBT



VIVI



Bea Ansola Garate

Directora del Museo de la máquina herramienta de Elgoibar

“Nuestro objetivo es desarrollar el interés y la motivación por la ciencia y tecnología”

Mónica Ramírez

Hace más de 20 años, el 16 de diciembre de 1998, abrió sus puertas el Museo de la máquina herramienta de Elgoibar (Gipuzkoa). Su puesta en marcha supuso la culminación de un proyecto que vio la luz auspiciado por la idea de preservar el patrimonio industrial, que sentó las bases de lo que hoy en día es el pujante sector de la máquina-herramienta. Visitar este singular museo es hacer un viaje en el tiempo, que tiene como telón de fondo los primeros momentos de la industrialización.

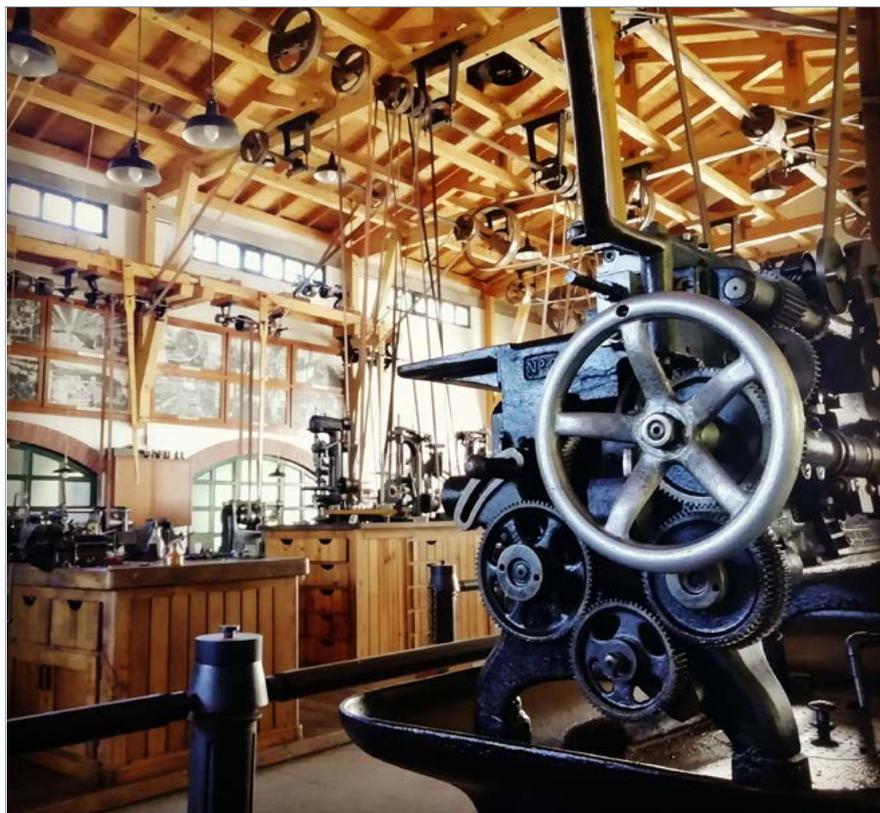
Bea Ansola Garate, directora del museo, explica a *Técnica Industrial* las claves de esta importante muestra de máquina herramienta: su historia, la recopilación y conservación de este patrimonio, cómo ha sido el trabajo de investigación que han tenido que llevar a cabo, o la labor divulgativa que realizan, entre muchas otras cuestiones.

¿Cuándo se creó el Museo y con qué objetivos?

La idea de la creación del “Museo de Máquina Herramienta” surge en 1982. En vista de los cambios que se estaban produciendo en los últimos años, como consecuencia del desarrollo de la electrónica y la informática, obligaba a la renovación casi inmediata de un parque de maquinaria desarrollado en el transcurso del siglo XIX y parte del siglo XX, y que pronto iba a ser simplemente historia.

Entre 1994 y 1998, un grupo de profesionales de la comarca del Bajo Deba, conscientes de la importancia que tendría para nuestro país la recuperación de los primeros modelos de máquinas herramienta utilizados durante la industrialización, comenzó a realizar las primeras gestiones con la idea de crear un museo monográfico del sector de la máquina herramienta.

La Sociedad “Makina Erremintaren Fundazioa /Fundación Museo Máquina Herramienta”, fue constituida en San Sebastián el 28 de noviembre de 1997. El 16 de diciembre de 1998 se inaugura el museo.



Taller de mecanizado, en el Museo de la máquina herramienta de Elgoibar.

Los objetivos y finalidades de la fundación son los siguientes: la recuperación, conservación, catalogación, restauración y exhibición de los fondos relacionados con el patrimonio industrial relacionado con la máquina herramienta; servir como recurso didáctico para mostrar la evolución tecnológica; poner en marcha un servicio de documentación que, recogiendo la herencia del pasado, facilite el desarrollo tecnológico futuro del sector de máquinas herramienta y reforzar la oferta turística cultural.

¿Qué van a encontrar allí los visitantes?

El contenido de este Museo se expone en un edificio de nueva construcción de 420 m², que trata de recrear un edificio indus-

trial de mediados del siglo XIX. Está formado de tres áreas expositivas: el taller de mecanizado del siglo XIX, la sala medieval y la sala Patxi Aldabaldetrecu.

El taller de mecanizado tiene una cubierta a dos aguas sustentada por cerchas de madera, de donde cuelgan los soportes para el apoyo de los ejes de la transmisión aérea. A través de un motor eléctrico se transmite la energía mediante una correa de cuero al sistema de transmisión aéreo, compuesto de ejes, poleas y correas, también denominado embarrados. En este taller de mecanizado se pueden contemplar los modelos más representativos de máquinas herramienta en funcionamiento, fabricados por nuestros pioneros a finales del siglo XIX, como tornos, fresadoras, talladores, sierras y limadoras.



Imagen de archivo de Bicicletas G.A.C. Fundada en 1892 y dedicada inicialmente a la fabricación de armas, tomó relevancia por la fabricación de bicicletas y motocicletas, entre las que destacó la popular Mobylette.

En la sala medieval se puede ver una herrería tradicional con todos los elementos propios de estas instalaciones, como la fragua, el fuelle, yunque, tenazas, martillos, piedra de afilar y un taladro de herrero, que abundaron en toda la cuenca del Deba, a partir del siglo XIV.

En este espacio medieval acreditamos nuestra tradición industrial a través del grabado realizado por Florencio Joseph de Lamot (1756). Un documento en el que, a través de numerosos dibujos y textos, nos muestra abundante información sobre las distintas fases de la producción armera y los productos que se fabricaban, por una parte en la Real Fábrica de armas de Soraluze y, por otra parte, por los gremios armeros de los pueblos Gipuzkoa y Bizkaia. La organización gremial formada por los cañonistas, cajeros, aparejeros y llaveros funcionó desde el siglo XVI hasta mediados del XIX inclusive.

En este espacio también se exponen diferentes modelos de máquinas con estructura de madera, como el taladro de cordel, la sierra de ballestas y el torno de pértiga, que eran accionadas por energía humana. Estas máquinas fueron utilizadas por los artesanos para trabajar la madera a partir del siglo XIV.

En la sala Patxi Aldabaldetrecu, se hace un recorrido histórico con modelos de máquinas de coser Sigma de diferentes épocas, fabricadas por la empresa elgoibarresa Estarta y Ecenarro. Además de la colección de máquinas de coser Sigma de Elgoibar, también se pueden contemplar modelos fabricados

por la empresa Alfa de Éibar, y modelos internacionales como Singer y Kay & Co, entre otros. Esta sala polivalente permite realizar diferentes actividades: talleres para jóvenes, conferencias, reuniones de empresa, exposiciones, etc.

¿Qué actividades realiza, además, el museo?

El principal objetivo del museo es la educación. En colaboración con el profesorado de los centros educativos, queremos que el Museo sea un recurso más para el proceso de aprendizaje dentro de la programación anual de trabajo con los centros.

Profesionales de Elhuyar imparten en el museo clases de Ciencia y Tecnología para los y las jóvenes de 10 a 14 años, con el objetivo de desarrollar el interés y la motivación por la ciencia y tecnología, así como el emprendimiento y la creatividad, desarrollando sus capacidades y avanzando en su empoderamiento. Destacar la utilización de nuestras instalaciones para reuniones de empresas, charlas informativas, cursos a técnicos de delegaciones nacionales de empresas que se dedican al suministro de material industrial y la presentación de productos.

Desde el museo también organizamos exhibiciones en vivo de oficios tradicionales, como el de herrero, el grabador armero, el rasqueteador..., de la mano de profesionales de la comarca del Debarrena.

Realizamos exposiciones itinerantes de nuestro patrimonio industrial expuestas en cabinas industriales documentadas, con

el objetivo de divulgar nuestra tradición industrial en ferias como la BIEMH, en empresas, Ayuntamientos, etc.

Con el objetivo de socializar el papel de la mujer en la industria, hemos organizado la exposición fotográfica titulada 'La mujer en la industria', que forma parte de la exposición permanente en el taller de mecanizado.

En colaboración con la empresa Oro Tech hemos realizado grabaciones en nuestras instalaciones, que se están emitiendo en residencias de ancianos del País Vasco y en las residencias del Estado. Su objetivo es que las personas que se encuentran en las residencias puedan revivir sus recuerdos de juventud y utilizarlos como estímulo, para trabajar la memoria y la atención.

El museo también se ha utilizado como escenario para la grabación del documental "Fabricando mujeres", dirigido por Paula Iglesias, que tiene como actriz principal a Itziar Aizpuru. En el documental se reflexiona sobre cómo surgen las violencias machistas en el consumo de productos del hogar, alimentación, estética o en el espacio público. Además, se realizan conciertos, eventos, etc.

También realizamos trabajos de recuperación de Patrimonio Industrial. Desde 1994 hemos recuperado fondos relacionados con la industria, como planos, catálogos, máquinas herramienta, utillajes etc., que forman parte de la colección del museo.

Incorporamos la documentación gráfica y audiovisual en soporte digital de los fondos materiales que componen nuestras colecciones en el Sistema integrado de documentación y gestión museográfica para los museos de la Comunidad Autónoma de Euskadi (EMSIME), para poner toda la documentación al alcance de las personas interesadas.

Mantenemos la tendencia de la tipología de visitantes (estudiantes, jubilados, empresas, instituciones, turistas, etc...), sobre todo grupos de personas compuestos por una o más personas del territorio Guipuzcoano, País Vasco, Estado Español e incluso a nivel internacional, que han venido acompañados por familiares, amigos, empresas etc. El museo está presente en las diferentes ofertas turísticas que se realizan desde la administración: Ayuntamiento, Comarca, Diputación y Gobierno Vasco.

¿Cuesta mucho trabajo la recopilación, restauración y conservación de todo

este patrimonio? ¿Cómo se lleva a cabo esta labor?

Pensábamos que iba a ser una labor fácil, la recuperación de la primera generación de máquinas-herramienta fabricadas por nuestros pioneros, pero no fue así. Al comprobar que las industrias no disponían de documentación propia ni de clientes, debido a las diferentes guerras, inundaciones, cambios de razón social, cierres de empresas etc., todo empezó a complicarse.

Las primeras máquinas herramienta fabricadas por nuestros pioneros sufrían de desgaste y roturas a causa de las duras condiciones de trabajo de la industria de la época, por lo que en algunos casos acababan en la chatarra. Por lo que saber cuáles fueron los primeros modelos fabricados por nuestros pioneros ha sido una labor muy compleja.

Afortunadamente, la mayoría de las máquinas herramienta que recopilamos para el museo están identificadas con las iniciales de sus fabricantes o almacenistas. En esa época según testimonios no se le daba importancia a la marca.

Los primeros años, la labor principal fue más de investigación, con visitas a empresas manufactureras, fabricantes, particulares, etc., sobre todo de la comarca de Bajo Deba. La recopilación ha sido una labor de más de 25 años, que a día de hoy continúa enriqueciéndose con la incorporación de fondos relacionados con la industria de la máquina herramienta, sobre todo a través de donaciones. Los trabajos de restauración son realizados en el propio museo, recurriendo en algunos casos a la industria especializada, bien a realizar consultas o para realizar operaciones de mecanizado que no se pueden realizar en el museo. En cuanto a la conservación, hay que tener en cuenta que las máquinas del museo tienen más de 100 años y están en funcionamiento, lo que demanda labores de conservación preventiva y de mantenimiento continuo. El profesional especializado en el manejo de las máquinas herramienta del museo es la persona encargada de realizar las labores que demanda este tipo de instalaciones, para ver en funcionamiento el conjunto industrial.

¿Cuáles son las piezas más destacadas con las que cuenta?

Destaca el conjunto industrial con una representación "viva" de un taller de mecanizado de mediados del siglo XIX, con la primera generación de máquinas herramienta (tornos, fresadoras, taladros,

“La recopilación de máquinas herramienta ha sido una labor de más de 25 años, que todavía continúa”

limadoras, sierras, etc.) fabricadas por nuestros pioneros, todas ellas en funcionamiento.

La herencia del pasado es muy importante para facilitar al mismo tiempo el desarrollo tecnológico futuro del sector de máquinas herramienta. ¿Disponen, en este sentido, de un servicio de documentación?

Si, nuestros fondos están digitalizados en el Sistema integrado de documentación y gestión museográfica para los museos de la Comunidad Autónoma de Euskadi (EMSIME). Toda la documentación que tenemos inventariada en el museo está a disposición de aquella persona que esté interesada.

La zona donde se ubica el museo es eminentemente industrial, y una buena parte de las empresas se dedican a la fabricación de máquina herramienta; hecho que le ha dado el apelativo de «capital de la máquina herramienta». ¿Cuáles eran los oficios tradicionales vinculados a la actividad industrial? ¿Y en la actualidad?

Desde el siglo XVI al XIX la fabricación de armas fue la labor más generalizada en las ferrierías y talleres de Elgoibar, Eibar y Soraluze, conocido como el triángulo armero. Los oficios tradicionales vinculados con este sector armero principalmente estaban divididos en cuatro gremios: los cañonistas y grabadores, los llaveros, los cajeros y los aparejeros.

A partir de 1840 surge la industrialización en la comarca, pasando de la producción artesanal a la producción industrial, con la incorporación de máquinas herramienta. Todos los talleres creados durante esta época disponían de un taller de mecanizado equipado con máquinas herramienta, entre las que cabe destacar el uso de tornos, limadoras, taladros, fresadoras etc., que ya empezaban a ser de producción local. Lo más común era que cada operario se especializara en un oficio, como el del herrero, el de ajustador-montador o el de maquinista (tornero, fresador, mandrinador, etc.). El proceso de aprendizaje

se realizaba en la propia empresa como aprendiz, primero observando y realizando trabajos sencillos siempre bajo la supervisión del oficial encargado de impartir los conocimientos. El proceso duraba aproximadamente cuatro años. En el caso de Elgoibar, en 1899, a petición de los vecinos de la villa, fue inaugurada la Academia de Dibujo, con el objetivo de darle una formación académica a los trabajadores y trabajadoras.

En la actualidad, el sector de máquina herramienta requiere de un elevado grado de especialización que es adquirido en los centros de formación profesional. En la comarca del Bajo Deba hay centros especializados con larga trayectoria académica donde se imparten los nuevos grados formativos especializados para la demanda industrial de la comarca.

La formación académica actual ofrece Formación Profesional dual en régimen de alternancia, en la que se combina la formación en los centros educativos y en una serie de empresas adheridas a estos programas. Con esta nueva modalidad de estudios se pretende, por un lado, hacer participe al tejido empresarial de la formación de los futuros graduados y, por el otro, adaptar las enseñanzas de Formación Profesional a las demandas del mercado laboral y la realidad socioeconómica.

¿Con qué apoyos cuenta el museo?

El museo cuenta con el apoyo de las administraciones públicas a través de subvenciones del Gobierno Vasco de Euskadi, de la Diputación Foral de Guipuzcoa y del Ayuntamiento de Elgoibar. En cuanto a las ayudas privadas, cuenta con la aportación económica de los Amigos del museo, la subvención de la Fundación Kutxa, y el patrocinio de DanobatGroup, AFM Cluster y el GrupoEgile.

¿Tienen nuevos proyectos a la vista?

El principal objetivo del museo es la educación. Daremos a conocer nuestra tradición industrial a las nuevas generaciones con unidades didácticas adecuadas a cada etapa escolar. Educación primaria y secundaria. Para los estudiantes de Bachillerato y Formación Profesional organizaremos visitas a las empresas para que conozcan la actualidad industrial de la comarca y les sirva como orientación en su futuro académico. También les animaremos a cursar estudios superiores que demandan los centros tecnológicos de I+D+I.

ESCUELA DE FOMENTO INDUSTRIAL

E.F.I.

Presentación

La Escuela de Fomento Industrial (E.F.I.) nace en el Patronato de la Fundación Técnica Industrial como idea de fomento del motor principal de la economía de un Estado, “la industria”, sin la cual no es posible el desarrollo económico.

Fines y objetivos

El objeto y finalidad es impartir en los Colegios Oficiales de Ingenieros Técnicos Industriales del territorio nacional, unos cursos presenciales de desarrollo directivo en la industria, impartidos por profesionales de esta formación específica en dirección empresarial.

La E.F.I. pretende ser un apoyo y una ayuda a los directivos y técnicos de nuestra industria.

¿Qué ofrecemos?

Se trata de cursos eminentemente prácticos, dirigidos a quienes trabajan en la dirección y “staff” de las pequeñas y medianas industrias y empresas de nuestro territorio estatal, para dotarles de las herramientas necesarias con el fin de desarrollar, con mayor eficacia y precisión, su labor, mejorando procesos productivos, de gestión, estrategias, logística, suministros...

Son cursos a unos costes muy reducidos en comparación a los impartidos por centros universitarios y escuelas de negocios.

FUNDACIÓN TÉCNICA INDUSTRIAL

Avda. Pablo Iglesias 2, 2º - 28003 Madrid

☎ 91 554 18 06 - 💻 91 553 75 66

✉ fundacion@fundaciontindustrial.es

Cursos de la E.F.I.

Desarrollo directivo: Bloque 1º

- Lean Manufacturing
Toyota Production System (Curso 16 h.)
- Ingeniería de Procesos
Métodos y Tiempos (Curso 8 h.)
- Gestión y Control de Costes (Curso 8 h.)

Desarrollo directivo: Bloque 2º

- Estrategia y Planificación de Operaciones (Curso 20 h.)
- Logística y Supply Chain Management (Curso 24 h.)
- Gestión de Proyectos (Curso 12 h.)

Área de ingeniería forense

- Actuación pericial (Curso 16 h.)
- Valoración de industrias (Curso 24 h.)
- Reconstrucción de accidentes (Curso 32 h.)

Área de liderazgo y competitividad

- Liderazgo en la industria (Seminario 4 h.)
- Competencias del liderazgo (Curso 8 h.)
- Liderazgo entornos industriales (Curso 8 h.)

Área de gestión empresarial

- Growth engine (Curso 60 h.)

Para conocer las fechas de impartición, contacta con tu Colegio

Análisis y evaluación de la investigación de accidentes laborales como técnica preventiva en España

Analysis and assessment on investigating occupational accidents as a preventive technique in Spain

Francisco Salguero Caparrós¹

Resumen

La investigación de accidentes laborales es una técnica analítica de seguridad que tiene por objeto descubrir los factores contribuyentes que han dado lugar a un accidente, es decir, tener respuesta a la pregunta: ¿Por qué se ha producido el accidente? Que las investigaciones de accidentes de trabajo se realicen adecuadamente resulta esencial para obtener información útil que ayude a garantizar que no se repitan dichos accidentes. El objetivo de este estudio ha sido tratar de ofrecer una visión acerca del estado de la investigación de accidentes de trabajo en España. Por ello, partiendo de los distintos criterios de calidad establecidos por expertos en la materia, se efectúa una revisión de la literatura científica que ha tratado la investigación de accidentes de trabajo con el objeto de identificar, clasificar y describir las principales metodologías empleadas en las mismas. Así mismo, se realiza un análisis de investigaciones de accidentes de trabajo realizados por técnicos en seguridad y salud tanto públicos como privados. De acuerdo con el estudio de revisión efectuado, se extrae que aún hoy día no son muchas las metodologías con un enfoque específico para la investigación de accidentes laborales. Respecto al análisis de los informes de investigación examinados, se determina que mientras solo 1 de cada 4 informes de investigación de accidentes de trabajo realizados por técnicos en prevención de riesgos laborales (PRL) se realizaron siguiendo los criterios de calidad recomendados por los expertos en la materia, 3 de cada 4 de las investigaciones oficiales de accidentes de trabajo así lo contemplan.

Palabras clave

Seguridad y salud laboral, investigación de accidentes de trabajo, metodologías para la investigación de accidentes, criterios de calidad, análisis y evaluación.

Abstract

Investigation of occupational accidents is an analytical safety technique that aims to discover the contributing factors that have given rise to an accident, that is, to have an answer to the question: Why did the accident occur? Conducting these investigations properly is essential to obtain useful information that helps avoid these accidents in the future. The objective of this study has been to try to offer a vision about the state of the investigation of work accidents in Spain. Therefore, based on the different quality criteria established by experts in the field, a review of the scientific literature that has dealt with the investigation of occupational accidents is carried out in order to identify, classify and describe the main methodologies used. Likewise, an analysis of occupational accident investigations carried out by public and private health and Safety Specialists is carried out. According to the review study carried out, it is extracted that even today there are not many methodologies with a specific focus for the investigation of occupational accidents. Regarding the analysis of the investigation reports examined, it is determined that while only 1 out of 4 investigation reports of occupational accidents made by technicians in PRL were made following the quality criteria recommended by experts in the field, 3 out of 4 from the official investigations of work accidents consider it this way.

Keywords

Occupational health & safety, occupational accidents investigation, accident investigation methodologies, quality criteria, analysis and evaluation.

Recibido / received: 30/05/2020. Aceptado / accepted: 30/09/2020.

¹ Doctor Ingeniero Industrial por la Universidad de Málaga. Autor para correspondencia: Dr. Francisco Salguero Caparrós. Departamento de Economía y Administración de Empresas, Escuela de Ingeniería Industrial. Universidad de Málaga. C/ Doctor Ortiz Ramos s/n. 29071 Málaga (España). +34 952 28 23 54; e-mail: fsalguero@uma.es.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6261-6893>

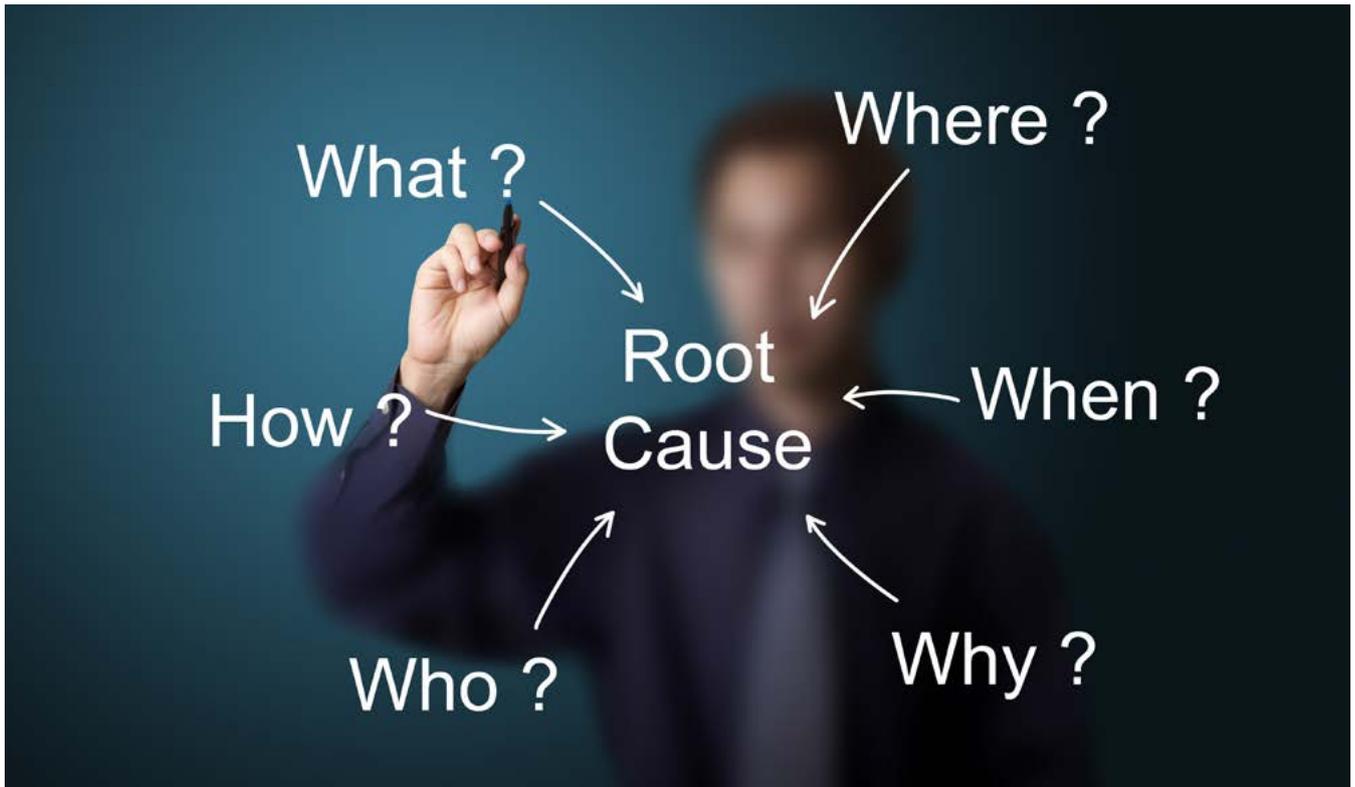


Foto: Shutterstock.

Introducción

La investigación de un accidente de trabajo es una técnica analítica de seguridad que tiene por objeto descubrir los factores causales contribuyentes que han dado lugar al accidente por medio de la investigación, la observación y el examen. Que estas investigaciones se realicen adecuadamente resulta esencial para obtener información útil que ayude a garantizar la no repetición de dichos accidentes. Así, por tanto, se entiende, que los datos y análisis sobre los accidentes de trabajo son comúnmente aceptados como una herramienta muy importante para el desarrollo futuro de la economía y políticas de prevención.

En Europa cuando un trabajador sufre un accidente laboral en respuesta al artículo 9 de la Directiva Europea 89/391/CEE, de 12 de junio (European Council, 1989), “el empresario debe llevar a cabo una investigación al respecto, a fin de detectar las causas de estos hechos”. En este documento normativo se abordaron aspectos fundamentales de las políticas de prevención, así como la guía general para su implementación en los Estados miembros, y se debe aplicar a todos los sectores de actividades públicas o privadas

con muy pocas exclusiones. Así mismo, en esta directiva se establecía un conjunto de principios sobre las responsabilidades en los diferentes niveles de la organización. Como sabemos en España, la ley 31/95, de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales, supuso la transposición al ordenamiento jurídico español de la Directiva Europea 89/391/CEE.

Posteriormente, el Real Decreto 39/1997 de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención aportó algunos matices más en cuanto a la investigación de accidentes laborales. De tal modo que en el art. 37 del Reglamento de los Servicios de Prevención, se expuso que entre las funciones de los técnicos de nivel superior está la realización de investigaciones de accidentes de trabajo; estos técnicos deben estar integrados en alguna de las modalidades organizativas para el desarrollo de las actividades preventivas (art. 10).

Paralelamente en España, cuando un determinado accidente laboral sucede, se efectúa otro tipo de investigación del mismo, y es la que realiza la autoridad laboral (art. 9 de la Ley 31/95). Se trata, por tanto, en este caso de una investigación pública u oficial

de accidente de trabajo. En este caso, como asistencia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social, se investigan todos los accidentes mortales que no sean accidentes de tráfico, accidentes catalogados como graves y, en ocasiones, incluso leves en función de las circunstancias.

Así mismo, cabe recordar que el sistema de notificación de accidentes de trabajo en España se realiza en cumplimiento del mandato de la European Statistics on Accident at Work (ESAW) (European Commission, 2002), la cual fue transpuesta al Estado español a través de la Orden TAS/2926/2002.

Como se expresa en este trabajo de investigación, cuando un trabajador sufre un accidente como consecuencia de la labor que desarrolla por cuenta ajena, esto supone un “fracaso de la seguridad”. Por eso, la importancia de una adecuada investigación radica en rentabilizar preventivamente este hecho no deseado. La necesidad de investigar en esta materia viene marcada porque no solo se trata de un imperativo legal, sino porque la rentabilidad preventiva de la correcta aplicación de la técnica de investigación de accidentes laborales está garantizada.

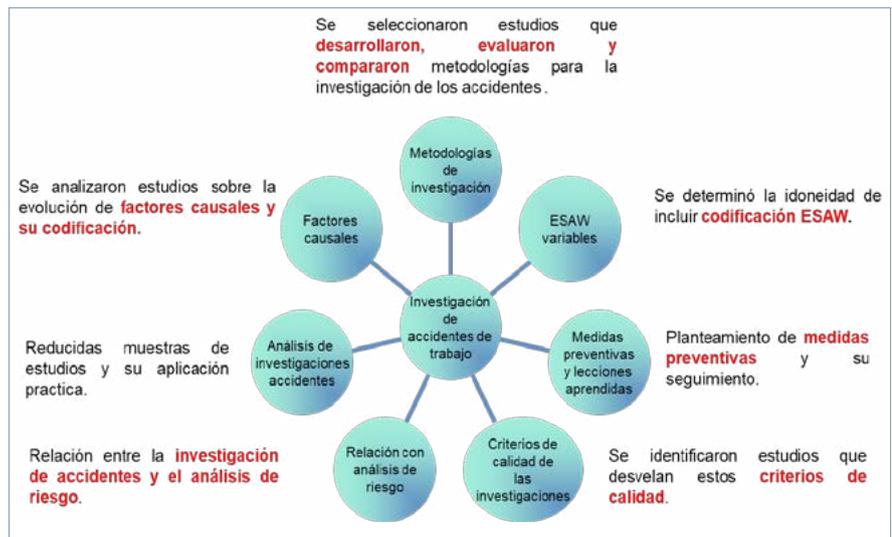


Figura 1. Análisis bibliográfico inicial (fuente: elaboración propia).

ANÁLISIS ESTADO DEL ARTE								
Documentos analizados	Estudios publicados que hubiesen analizado accidentes de trabajo							
Objeto del análisis	Identificar las metodologías científicas en las que se basan							
Período de tiempo	Últimas tres décadas (1990 a 2015)							
Origen de datos	Bases de datos: Social Science Citation Index, Science Direct, Medline/PubMed, Mendeley, Scopus, IEEE Xplore, Science gov, Google Scholar							
Palabras clave	Investigación de accidentes, metodologías, ocupacional, review							
Criterio de selección de calidad	Nº de ocasiones en que son citados y factor de impacto (JCR 2014)							
Valoración de calidad	42 artículos y 20 estudios publicados							
Criterios de clasificación de los artículos	Nº	Título	Autor y origen (año)	Metodología usada	Actividad económica (NACE Rev.2)	Revistas	Ocasiones citada	Factor de Impacto JCR 2014
	Nº	Título	Autor y origen (año)	Metodología usada	Actividad económica (NACE Rev.2)	Fuente		

Tabla 1. Revisión de la literatura científica y estudios publicados por agencias e instituciones públicas (fuente: elaboración propia).

Sin embargo, hasta este momento no existía ningún estudio científico que avalase la calidad con que vienen siendo realizadas las investigaciones de accidentes de trabajo por parte de los distintos agentes que, según la normativa legal ya referida, pueden efectuarlas.

El planteamiento y determinación del problema a investigar en este estudio se fundamenta en: conocer en qué situación se encuentra la investigación de los accidentes laborales en España, cuáles son las metodologías científicas más utilizadas en este campo, identificar los criterios de calidad básicos que debe incluir todo informe de investigación de accidente bien en su estructura formal completa o bien en sus aspectos formales, y a partir de aquí exponer las omisiones o carencias en la realización de las investigaciones de accidentes la-

borales desarrolladas tanto por entidades públicas como privadas.

Por tanto, el objetivo de este estudio ha sido ofrecer una visión clara acerca del estado de la investigación de accidentes de trabajo hasta este momento en España. Este objetivo se fundamenta en el hecho de que creemos que la eficacia preventiva de las investigaciones de accidentes de trabajo realizadas por numerosos y variados agentes (Administración pública, técnicos de servicios de prevención, responsables directos de una investigación en línea, etc.) es susceptible aumentar de manera significativa (Fraile *et al.*, 1993; Harms-Ringdahl, 2004; Piqué, 2011; Roed-Larsen y Stoop, 2012).

En el trabajo que aquí se presenta, se recogen los resultados principales obtenidos de la tesis doctoral realizada entre los años 2012 y 2017 en la Universidad

de Málaga (Salguero, 2017) dirigida por los doctores Juan Carlos Rubio Romero y Manuel Suárez Cebador. Esta tesis se ha encuadrado dentro del ámbito de la seguridad y la salud laboral.

El interés de este trabajo se justifica en el hecho de la importancia de obtener información útil que sirva de base a las distintas partes interesadas para formular estrategias que permitan enfocar esfuerzos y mejorar la eficacia en el uso de la técnica preventiva de investigación de accidente ocupacional.

Metodología

El trabajo parte de un profundo análisis bibliográfico y documental. Originalmente, se plantea una búsqueda en diversas bases de datos con las que se seleccionan artículos, obras y trabajos relativos a los temas objeto de interés.

Una vez obtenida esta información, se procede a realizar una clasificación en la que se sigue el orden definido por las palabras clave usadas. Este criterio permitió agrupar la bibliografía disponible por materias afines dentro de la temática investigada, posibilitando una posterior ordenación por autores y fechas y, de esta forma, facilitar su tratamiento y análisis (Fig. 1).

Partiendo de los distintos criterios de calidad establecidos por expertos en la materia, inicialmente y empleando para ello una metodología de carácter cualitativo, se plantea el primer objetivo de este estudio. Este consiste en efectuar una revisión de la literatura científica y estudios publicados por agencias e instituciones públicas que han tratado la investigación de accidentes de trabajo con el objeto de identificar, clasificar y describir las principales metodologías empleadas en las mismas (Tabla 1).

Con objeto de determinar la repercusión y la importancia de las metodologías identificadas, este estudio, además, examinó y evaluó la literatura científica aplicando el enfoque de número de ocasiones en que eran citadas las publicaciones identificadas y el factor de impacto de la revista que lo publicaba (Liu *et al.*, 2013). Por tanto, la búsqueda bibliográfica se restringió a artículos científicos, así como a investigaciones realizadas por agencias e instituciones públicas de cualquier país publicadas en español o inglés primordialmente. La figura 2 muestra el proceso principal de revisión sistemática llevada a cabo en este estudio.

En una segunda fase de este estudio, se efectuó un análisis acerca de cómo se estaban realizando las investigaciones de accidentes de trabajo. Este estudio se realizó con el objetivo no solo de analizar la tipología de las causas o el contexto en el que se hacen las investigaciones, sino con el enfoque de analizar todas las fases del proceso de investigación de accidente. El fin último era, por tanto, identificar las principales carencias en la investigación y elaboración del informe conforme a los distintos criterios establecidos por investigadores en la materia.

En primera instancia se analizó cómo se estaban realizando las investigaciones de accidentes laborales por parte de los técnicos de seguridad de diferentes ámbitos (en adelante técnicos asesores de OHS). Esta situación nos llevó a analizar una muestra de 567 informes de investigación de accidentes laborales ocurridos en España entre los años 2009 y 2012 en sectores como construcción, industria, agricultura y servicios. Para recopilar esta muestra de informes de investigación de accidentes laborales, entre los meses de febrero a junio de 2013, se invitó a participar en este estudio a un total de 50 empresas que operan en España como servicios de salud ocupacional (OHS) externos, es decir, servicios de prevención ajenos y a otras empresas con OHS internos: servicios de prevención propios, servicios de prevención mancomunados y trabajadores designados. Finalmente, aceptaron participar un total de 13 entidades, de las cuales 5 eran OHS externos y 8 OHS internos (Tabla 2).

Como tercera fase de este estudio y gracias a la colaboración de la Dirección General de la Seguridad y Salud Laboral de la Consejería de Empleo de la Junta de Andalucía, se evaluó la calidad con la que se estaban desarrollando las investigaciones oficiales de accidentes de trabajo por parte de los técnicos en seguridad de la autoridad laboral. Para la realización de este estudio se analizaron 98 informes oficiales de investigación de accidentes ocupacionales emitidos por asesores técnicos de los centros de prevención de riesgos laborales de Andalucía en el último trimestre del año 2014, los cuales previamente habían sido documentados por técnicos de prevención de riesgos laborales de las empresas en

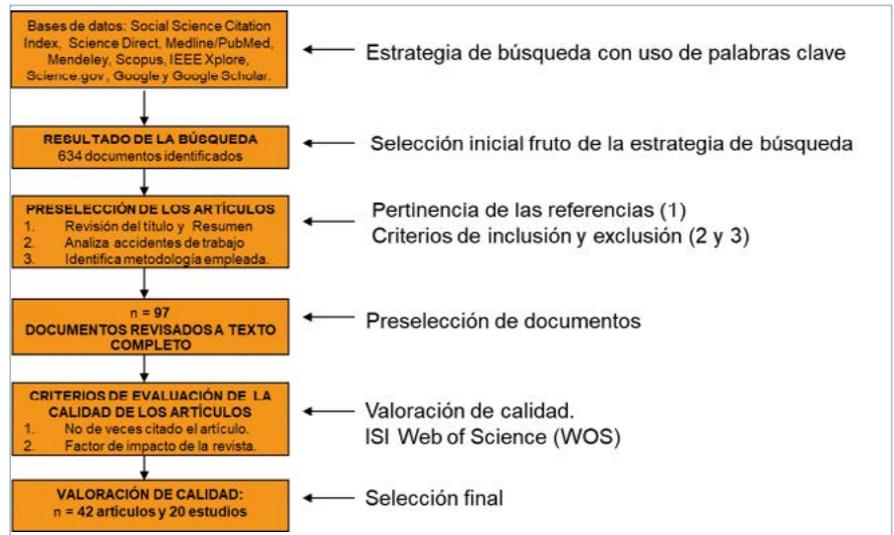


Figura 2. Estrategia de revisión sistemática de la literatura científica y clasificación de contenidos (fuente: elaboración propia).

ANÁLISIS DESCRIPTIVO	
Documentos analizados	Informes de investigación de accidentes de trabajo
Criterio de selección	NACE Rev. 02
Periodo de tiempo	Accidentes ocurridos entre los años 2009 y 2012
Origen de datos	Servicios de salud ocupacional (OHS) (Art 10 RD 39/97)
Tamaño de la muestra	567 informes de investigación de accidentes de trabajo
Selección de la muestra	13 entidades: 5 OHS externos y 8 OHS internos
Objeto del análisis	Evaluar la calidad de las investigaciones de accidentes de trabajo
Variables analizadas	28 Extraídas del Estado del Arte y relacionadas con los criterios de calidad
Software	Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 15. Se extrajeron frecuencias y prevalencias (media, moda y desviación típica)

Tabla 2. Análisis de informes de investigación de accidentes de trabajo realizados por técnicos asesores de Occupational Health and Safety (OHS) (fuente: elaboración propia).

ANÁLISIS DESCRIPTIVO	
Documentos analizados	Investigaciones oficiales de accidentes de trabajo
Criterio de selección	NACE Rev. 02
Periodo de tiempo	Último trimestre del año 2014
Origen de datos	Dirección general de Seguridad y Salud laboral de la Consejería de empleo de la Junta de Andalucía
Tamaño de la muestra	98 informes oficiales de investigación de accidentes de trabajo
Objeto del análisis	Evaluar la calidad de las investigaciones de accidentes de trabajo
Grado de severidad del accidente	82 graves, 2 muy graves y 14 mortales
Variables analizadas	42 extraídas del Estado del Arte y relacionadas con los criterios de calidad
Software	Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 15. Se extrajeron frecuencias y prevalencias (media, moda y desviación típica)

Tabla 3. Evaluación de calidad de las investigaciones de accidentes oficiales realizadas por la autoridad laboral en Andalucía (fuente: elaboración propia).

las que trabajaba el operario que había sufrido el accidente (Tabla 3).

El análisis de las muestras empleadas en estas dos últimas fases de estudio

se efectuó conforme a las cinco etapas definida en el método RIAAT (Jacinto *et. al.*, 2010) complementadas con otras variables que han sido validadas en los

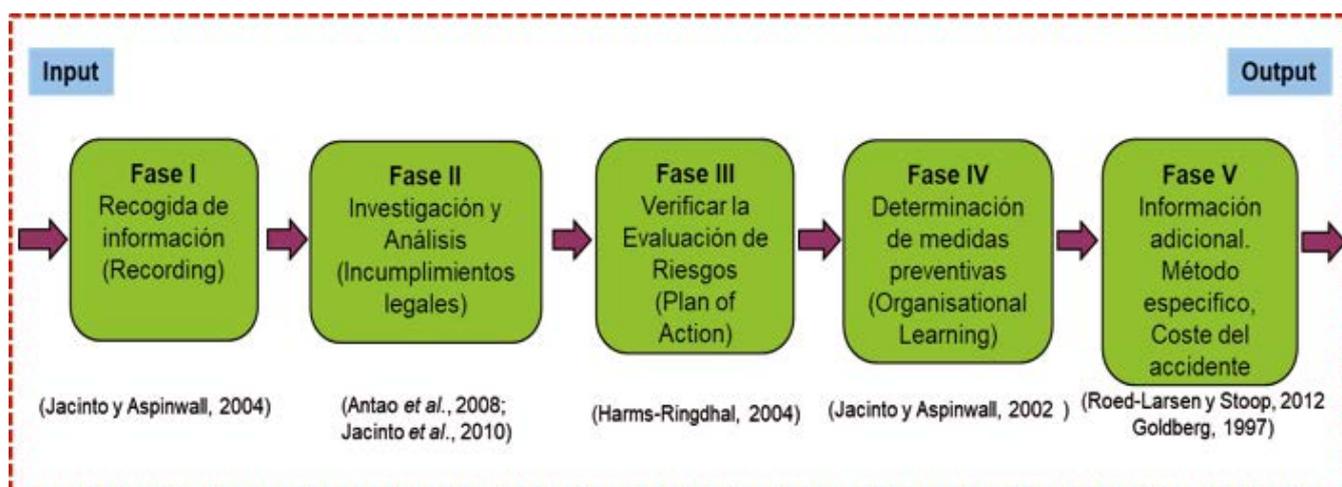


Figura 3. Modelo teórico empleado (fuente: elaboración propia).

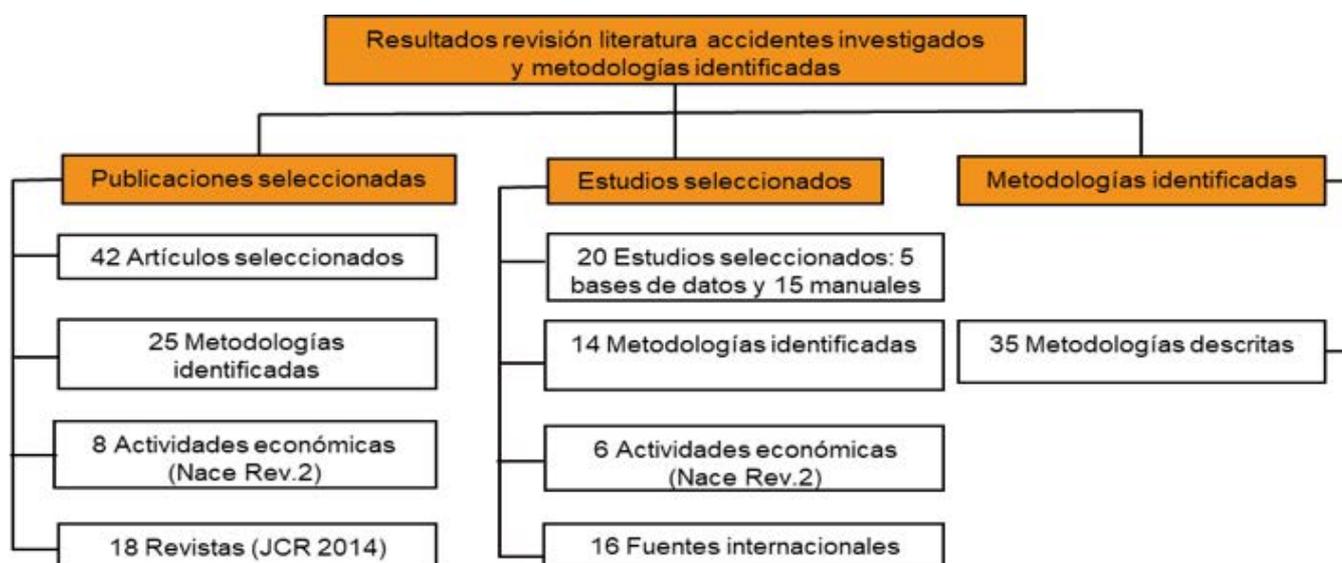


Figura 4. Resultados de la revisión de la literatura (fuente: elaboración propia).

critérios de calidad aludidos en el análisis bibliográfico inicial (Fig. 3).

RIAAT (The Recording, Investigation and Analysis of Accidents at Work Process) es elegido modelo teórico debido al carácter holístico que muestra este método, dado que abarca el ciclo completo de la investigación de accidente. Además, RIAAT fue validado por el Gobierno portugués como metodología de referencia para la investigación de accidentes de trabajo en este Estado a través del proyecto CAPTAR *Learn to prevent*, e incluso se dispone de un manual para el usuario desde el año 2010.

Para realizar el análisis estadístico, los datos obtenidos de los informes de

investigación de accidentes se tabularon conforme a las variables seleccionadas. Posteriormente, mediante la utilización del *software* estadístico SPSS versión V15, (Chicago, IL, EE. UU.), se extrajeron las frecuencias y prevalencias de las distintas variables de forma individual y agregada que permitieron obtener los resultados que se describen en el siguiente apartado.

Resultados y discusión

De acuerdo con el primero de los objetivos de este estudio dirigido a identificar las principales metodologías que actualmente se vienen aplicando en la

investigación de accidentes de trabajo, se encuentran un total de 35 metodologías con distintas particularidades. Los resultados de esta revisión muestran que durante las últimas décadas se han desarrollado numerosas metodologías de investigación, que presentan diferentes áreas de aplicación, cualidades y limitaciones (Fig. 4).

No obstante, esta gran variedad de metodologías se reduce cuando se analizan las más comúnmente utilizadas en artículos científicos como en estudios realizados por agencias e instituciones públicas y se obtiene, finalmente, una selección de seis metodologías: FTA (Ferry, 1988), HFACS

Factores analizados	Porcentaje de validación
Recogida de información. Identificación de variables ESAW	25,2%
Identificación de fallos activos, fallos latentes y fallos en el sistema de gestión	0,9%
Determinación de medidas preventivas	88,7%
Estimación del coste del accidente	3%
Información complementaria (normativa, croquis, fotografías, esquemas y método)	16,6%

Tabla 4. Resumen de los resultados (fuente: elaboración propia).

Factores analizados	Porcentaje de validación
Registro. Uso de variables ESAW	94%
Investigación y análisis: identificación de fallos humanos, fallos técnicos y fallos organizativos	33%
Investigación y análisis: identificación de incumplimientos legales	46%
Plan de acción: verifica la evaluación de riesgos	89%
Plan de acción: determinación de medidas preventivas	100%
Información complementaria (normativa, croquis, fotografías, esquemas y método)	99%

Tabla 5. Resumen de los resultados (fuente: elaboración propia).

(Wiegmann y Shappell, 2001), HSE (HSE, 2004), MORT (Johnson, 1980), OSHA (OSHA, 1990) y STEP (Hendrick y Benner, 1987).

De la revisión de la literatura científica relacionada con el análisis de accidentes investigados y metodologías en las que se han basado, en cinco de ellas, como son MORT (Johnson, 1980), OSHA (OSHA, 1990), Tripod (Groeneweg, 1994), FMEA (Hammer, 1980) y FTA (Ferry, 1988), se identifica versatilidad en el ámbito de aplicación, ya que, además de emplearse en la investigación de accidentes, también se utilizan en el análisis y la evaluación de riesgos laborales (Willquist y Torner, 2003; Marhavillas *et al.*, 2011).

En lo que se refiere a metodologías para la investigación de accidentes, hay una gran variedad, y la mayoría de ellas están desarrolladas para actividades específicas como son la industria nuclear, la aeronáutica, el transporte marítimo, ferrocarril, el ámbito hospitalario, etc. Pero para el uso específico de los accidentes de trabajo hay pocas

metodologías, y algunas de ellas aún están insuficientemente desarrolladas y puestas en práctica (Jacinto *et al.*, 2011). Resultados de esta fase de estudio se derivan en el artículo publicado en 2019 y titulado *Methodologies for investigating occupational accidents and their use in occupational health and safety research. Literature review* (Salguero *et al.*, 2019).

Del análisis del estado actual de la investigación y respecto al segundo objetivo de este estudio dirigido a la evaluación de las investigaciones de accidentes, se identifican los criterios de calidad básicos que debe incluir todo informe de investigación de accidente de trabajo bien sean efectuado por parte de técnicos asesores de OHS como por la autoridad laboral.

En el análisis de las investigaciones de accidentes de trabajo realizadas por técnicos asesores de OHS como muestra la tabla 4, se determina que solo uno de cada cuatro informes de investigación incluyen la totalidad de los cinco criterios básicos de calidad

identificados en el análisis de la literatura científica para este tipo de investigación:

1. Recogida de información. Identificación de variables ESAW.
2. Identificación de todos los niveles causales asociados al accidente.
3. Determinación de medidas preventivas.
4. Estimación del coste del accidente.
5. Uso de información complementaria, como son normativa, croquis, fotografías, esquemas y método.

De esta segunda fase de estudio se extrae el artículo derivado titulado *Analysis of investigation reports on occupational accidents* (Salguero *et al.*, 2015).

En cuanto a la evaluación de calidad de las investigaciones de accidentes oficiales realizadas por la autoridad laboral en Andalucía, muestra que 3 de cada 4 informes incluyen la totalidad de los criterios básicos de calidad, para el caso específico de este tipo de investigación, identificados en la literatura científica (Tabla 5):

1. Recogida de información. Uso de variables ESAW.
2. Identificación de todos los niveles causales asociados al accidente.
3. Identificación de incumplimientos legales.
4. Verificación de la evaluación de riesgos.
5. Determinación de medidas preventivas.
6. Uso de información complementaria, como son normativa, croquis, fotografía, esquemas y método.

Como publicación procedente de esta tercera y última fase de estudio, se obtiene el trabajo titulado *Quality evaluation of official accident reports conducted by labour authorities in Andalusia (Spain)* (Salguero *et al.*, 2018).

Los principales defectos y omisiones identificados en estas dos fases finales del estudio muestran que las investigaciones de accidentes carecen de detalle al no incluir a menudo las variables del proyecto ESAW (European Statistic on Accidents at Work). La idoneidad de hacer uso de al menos ocho variables ESAW asociadas al accidente como indicadores principales en la recogida de información está reconocido por autores de referencia como Jacinto *et al.* (2011).

Así mismo, carecen de profundidad en la determinación de causas asociadas a fallos activos, preferentemente frente a fallos latentes, y de los sistemas de gestión y organización de las empresas. Esta situación conduce a confirmar la teoría de Lundberg *et al.* (2010) en función de lo cual una limitación particular que presentan las investigaciones de accidentes es que muchas de ellas finalizan su análisis en el nivel de “causas evitables”.

De la misma forma, se constata, como ya identificó Roed-Larsen y Stoop (2012), que los informes analizados muestran una preocupante ausencia de uso de métodos estandarizados y validados durante la fase analítica del proceso de investigación. Esta ausencia debilita el rigor analítico del proceso de investigación, además de poner en peligro la designación de medidas preventivas adecuadas, las cuales deben basarse en los resultados y conclusiones del análisis. Sería recomendable emplear, además, otros métodos de investigación de accidentes más holísticos, progresistas y aplicables al campo ocupacional como así recogen estudios y revisiones de referencia (Hollnagel y Speziali, 2008; Katsakiori *et al.*, 2009).

Conclusiones

Inicialmente, este estudio revela que, aún hoy día, no son muchas las metodologías disponibles con un enfoque único en el campo de la seguridad y la salud ocupacional. Por otro lado, para el desarrollo y el avance en la aplicación de la técnica de investigación de accidentes en el trabajo, sería recomendable potenciar estudios que verifiquen la correcta selección y uso de la metodología en casos reales de accidentes de trabajo.

La dificultad estriba en elegir la metodología más adecuada y de acuerdo con los resultados obtenidos de la revisión de la literatura científica, se concluye que resulta necesario definir criterios que permitan ayudar a los técnicos y analistas investigadores de accidentes de trabajo a elegir la metodología más idónea dependiendo del contexto en que se realice y el alcance del accidente en cuestión.

Del mismo modo, a la vista de los resultados obtenidos en este estudio, resulta evidente la necesidad de im-

pulsar por parte de la Administración competente y sobre todo en la aplicación de investigaciones en el ámbito privado, mecanismos que contribuyan a la utilización de todos y cada uno de los criterios de calidad identificados en la literatura científica con objeto de mejorar la información disponible en los informes de investigación. Esta situación permitiría optimizar el potencial preventivo que tienen las investigaciones de accidentes realizadas correctamente, de las cuales sería posible identificar fácilmente los factores de riesgo existentes y los mecanismos para su adecuado control.

Ciertamente, la situación actual supone un importante desafío de cara a mejorar la forma en la que se desarrollan las actuales investigaciones de accidentes. Por eso, se deberían crear auténticas condiciones estructurales, funcionales y legislativas que permitan a los técnicos o analistas llevar a cabo una labor de investigación de forma independiente, con libertad organizativa, transparencia y con acceso a los recursos adecuados, tanto durante la realización del informe como en el posterior seguimiento de la aplicación de medidas preventivas.

A modo de epílogo final y atendiendo a los resultados obtenidos en el presente estudio, creemos importante exponer una serie de conclusiones adicionales que nos llevan a creer firmemente que mejorarían la aplicación de la técnica preventiva de investigación de accidentes laborales:

a. Crear un modelo común europeo de informe de investigación de accidente de trabajo con el objetivo de favorecer el aprendizaje a nivel global, y poder difundir de forma homogeneizada los resultados obtenidos en estas investigaciones. Así mismo, como continuación del proyecto de armonización de las estadísticas europeas de accidentes de trabajo dirigido por Eurostat, al igual que se emplea un sistema de codificación de circunstancias de los accidentes empleando la metodología ESAW (European Statistical on Accidents at Work), sería de gran importancia disponer de un sistema de clasificación y codificación común de causas de los accidentes para todos los Estados

miembros de la Unión Europea.

- b. A la vista de la utilidad preventiva de estos informes se debería disponer de una base de datos europea con referencias de informes de investigación de accidentes laborales realizados tanto por entidades públicas como privadas, de distintos sectores en los que se recojan resultados de estas investigaciones, codificación y clasificación de circunstancias, causas y medidas preventivas propuestas con su seguimiento, lo cual, a buen seguro, potenciaría la mejora en la realización de la investigaciones de accidentes de trabajo y, por ende, en la reducción de los índices de siniestralidad.
- c. Sería imprescindible establecer mecanismos de seguimiento por parte de la Administración sobre las investigaciones de accidentes realizadas, con el fin de poder verificar el grado de cumplimiento de las medidas preventivas que en las investigaciones se hayan adoptado para evitar así la reiteración de los accidentes.
- d. Igualmente, entendemos que deberían desarrollarse programas de formación continua en técnicas y metodologías de investigación reconocidas por la comunidad científica internacional para los técnicos en seguridad y salud laboral de distintos ámbitos que realizan este tipo de investigación de accidentes.

En este aspecto, entendemos que la Universidad debe ser el referente institucional para iniciar programas que aporten la acreditación necesaria para el desarrollo de esta materia.

El conocimiento acerca de la técnica de investigación de accidentes de trabajo adquirido con la realización de este estudio permite proponer algunas posibles aplicaciones prácticas que, relacionadas con el contenido abordado, pueden emprenderse en un futuro. Entre ellas, destacamos:

- Realización de estudios comparativos delimitados a una misma muestra de accidentes, acerca de cómo se están efectuando las investigaciones de accidentes laborales entre los técnicos de prevención de riesgos laborales de las distintas modalidades organizativas (técni-

cos asesores de OHS) y los técnicos de la autoridad laboral. En esta investigación, basándonos en los mismos criterios de calidad para la realización de los informes de investigación de accidentes, se analizaría el grado de cumplimiento por parte de los técnicos asesores de OHS comparativamente con los resultados de los informes de los técnicos de la autoridad laboral.

- Realización de estudios de “fiabilidad” de las variables ESAW (variables de la Orden TAS/2926/2002) durante todo el proceso tanto de comunicación como de realización de la investigación privada y oficial de accidentes de trabajo. Con este estudio, según las variables ESAW asociadas como indicadores principales en cuanto a las circunstancias del accidente en la recogida de información, se analizaría su correcta selección, codificación, tratamiento y uso en el transcurso de la investigación del accidente de trabajo. Para ello, se debería emplear una muestra significativa de accidentes seleccionados en la que se dispondría tanto del parte de notificación del accidente (ORDEN TAS/2926/2002), informe de investigación realizado por técnico asesor de OHS y el informe oficial del accidente de trabajo realizado por la autoridad laboral.
- Realización de estudios de casos en el uso de metodologías reconocidas internacionalmente aplicables al ámbito de la seguridad y salud laboral en investigaciones reales de accidentes ocupacionales. Las metodologías para la investigación de accidentes deben ser juzgadas con relación al rendimiento y resultado que se obtenga en su uso. Por tanto, entendemos que se deberá seguir trabajando en el desarrollo de estudios que verifiquen la correcta selección y uso de la metodología en casos reales de accidentes de trabajo.

Agradecimientos

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento a los directores de esta tesis doctoral, el Dr. D. Juan Carlos Rubio Romero, catedrático de Universidad de Organización de Empresas, director del Departamento de Economía y Administración de Em-

presas de la Universidad de Málaga, y el Dr. D. Manuel Suárez Cebador, profesor titular del Departamento de Economía y Administración de Empresas de la Universidad de Málaga.

Referencias

- Antao, P., Almeida, T., Jacinto, C., Guedes Soares, C. (2008). Causes of occupational accidents in the fishing sector in Portugal. *Safety Science*, Vol 46, Issue 6, pp. 885-899.
- European Commission (2002). European Statistics on Accidents at Work (ESAW)- Methodology, 2001 ed., DG Employment and Social Affairs, European Commission, Luxembourg. Disponible en: http://europa.eu.int/comm/employment_social/h&s/index_en.
- European Council (1989). European Directive 89/391/EEC of 12 June: Introduction of measures to encourage improvements in the safety and health of workers at work. *Official Journal of the European Communities* 32 (L1 83), 29 June 1989, Luxembourg.
- Ferry, T.S. (Ed.) (1988). *Modern Accident Investigation and Analysis*. John Wiley & Sons.
- Fraile, A., López F., Maqueda, J., Muñoz, A., Obregón, P., Piqué, T., Rosel, L. (1993). Proyecto INVAC: Una contribución a la modernización de la investigación de accidentes de trabajo. *Salud y Trabajo*, nº 99, pp. 29-44.
- Goldberg, A.T. (1997). Taming the Cost of Accidents while improving safety. *Occupational Health & Safety*, Vol 66, Issue 10, pp. 66-70.
- Groeneweg, J. (1994). *Controlling the Controllable: the Management of Safety*. 2nd revised edn. DSWO Press, Leiden University, The Netherlands.
- Harms-Ringdahl, L. (2004). Relationships between accident investigations, risk analysis, and safety management. *Journal of Hazardous Materials*. Vol 111, Issue 1-3, pp. 13-19.
- Hammer, W., (1980). *Product Safety Management and Engineering*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Health and Safety Executive (HSE) (2004), HSG (245). *Investigating accidents and incidents*. HSE-Books, UK.
- Hendrick, K., L. Benner (1987). *Investigating accidents with STEP*. New York: M. Dekker.
- Hollnagel E., Speziali J. (2008). Study on developments in accident investigation methods: a survey of the 'state-of-the-art'. SKI Report 2008:50, SKI.
- Jacinto, C., Aspinwall, E. (2002). WAIT- a new method for the investigation and Analysis of accidents at work. *Institution of Occupational Safety and Health, UK, IOSH Journal*, Vol. 6, Issue 1, pp.15-37.
- Jacinto, C., Aspinwall, E. (2004). A survey on occupational accidents reporting and registration systems in the European Union. *Safety Science*, Vol. 42, Issue 10, pp. 933-960.
- Jacinto, C., Guedes Soares, C., Fialho, T., Silva, S.A. (2010). RIAAT: The recording, investigation an analysis of accidents al work- User's manual. Revision 1.1: Disponible en: <http://www.mar.ist.utl.pt/captar/riaat.aspx>.
- Jacinto, C., Guedes Soares, C., Fialho, T., Silva, A.S. (2011). The recording, investigation an analysis of accidents al work (RIAAT) process. *Policy and Practice in Health and Safety*, Vol. 9, pp. 57-77.
- Johnson, W.G. (Ed), (1980). *MORT Safety Assurance Systems*. Marcel Dekker Inc, New York.
- Katsakiori, P., Sakellaropoulos, G., Manatakis, E. (2009). Towards an evaluation of accident

investigation methods in terms of their alignment with causation models. *Safety Science*, Vol. 47, Issue 7, pp. 1007-1015.

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre de prevención de riesgos laborales (BOE nº 269, de 10 de noviembre de 1995).
- Liu, J.S., Lu, L.L.L., Lu, W-M, Lin, B.J.Y. (2013). Data envelopment analysis 1978-2010: a citation-based literature survey. *Omega*, Vol. 41, pp. 3-15.
- Lundberg, J., Rollenhagen, C., Hollnagel, E. (2010). What you find is not always what you fix-How other aspects than causes of accidents decide recommendations for remedial actions. *Accident analysis and prevention*, Vol. 42, pp. 2132-2139.
- Marhavilas, P., Koulouriotis, D., Gemeni, V. (2011). Risk analysis and assessment methodologies in the work sites: On a review, classification and comparative study of the scientific literature of the period 2000-2009. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Vol. 24, Issue 5, pp. 477-523.
- ORDEN TAS/2926/2002, de 19 de noviembre, por la que se establecen nuevos modelos para la notificación de los accidentes de trabajo y se posibilita su transmisión por procedimiento electrónico. BOE nº 279, de 21 de noviembre de 2002.
- Piqué, T. (2011). La investigación de Accidentes ¿Sacamos suficiente provecho y rentabilidad preventiva? Disponible en: <http://www.insht.es/inshtweb/contenidos/documentacion/ergafp74.pdf>
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. BOE nº 27, de 31 de enero de 1997.
- Roed Larsen, S., Stoop, J. (2012). Modern accident investigation-four major challenges. *Safety Science*, Vol. 50, Issue 6, pp. 1392-1397.
- Salguero-Caparrós, F., Suárez-Cebador, M., Rubio-Romero, J.C. (2015). Analysis of investigation reports on occupational accidents. *Safety Science*, Vol. 72, pp. 329-336.
- Salguero-Caparrós, F., Suárez-Cebador, M., Carrillo-Castrillo, J. A., Rubio-Romero, J. C. (2018). Quality evaluation of official accident reports conducted by labour authorities in Andalusia (Spain). *Work*, Vol. 59, pp. 23-38.
- Salguero-Caparrós, F., Suárez-Cebador, M., Rubio-Romero, J. C., Carrillo-Castrillo, J. A. (2019). Methodologies for investigating occupational accidents and their use in occupational health and safety research. Literature review. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, Vol. 18, Issue 3, pp. 665-683.
- Salguero Caparrós, F. M. (2017). Análisis y evaluación de la investigación de accidentes laborales como técnicas preventivas en España (tesis doctoral, ETSII, UMA).
- The Occupational Safety and Health Administration (OSHA) Data Base 1985-1989 (1990). Analysis of construction fatalities. U.S. Department of labor, Occupational Safety and Health Administration, Washington, D.C.
- Wiegmann, A., Shappell, S.A. (2001). Human error analysis of commercial aviation accidents: application of the human factors analysis and classification system (HFACS). *Aviation, Space, and Environmental Medicine*. Vol. 72, Issue 11, pp. 1006-1016.
- Willquist, P., Törner, M. (2003). Identifying and analysing hazards in manufacturing industry—a review of selected methods and development of a framework for method applicability. *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 32, Issue 3, pp. 165-180.

Diseño generativo: el estado del arte

Generative design: State of the art

Lucas García Menéndez¹, Manuel Domínguez Somonte² y María del Mar Espinosa Escudero³

Resumen

El diseño generativo es una tendencia en auge que tiene gran presencia en sectores como el diseño de producto y la arquitectura. En este estudio del estado del arte se recoge una definición precisa y completa del concepto de diseño generativo, se analizan algunas de las técnicas contenidas en este campo y se relata su estado actual de cara a productos de consumo final.

Palabras clave

Diseño generativo, optimización topológica, autómatas celulares, algoritmos genéticos, gramática geométrica, sistema-L, inteligencia de enjambre.

Abstract

Generative design is a growing trend that has a strong presence in fields such as product design or architecture. In this analysis of the state of the art, a precise and complete definition of the concept generative design is provided, some of the techniques used in this field are analysed and some already developed products are shown.

Keywords

Generative design, topology optimization, cellular automaton, genetic algorithms, shape grammar, Lindenmayer systems, swarm intelligence.

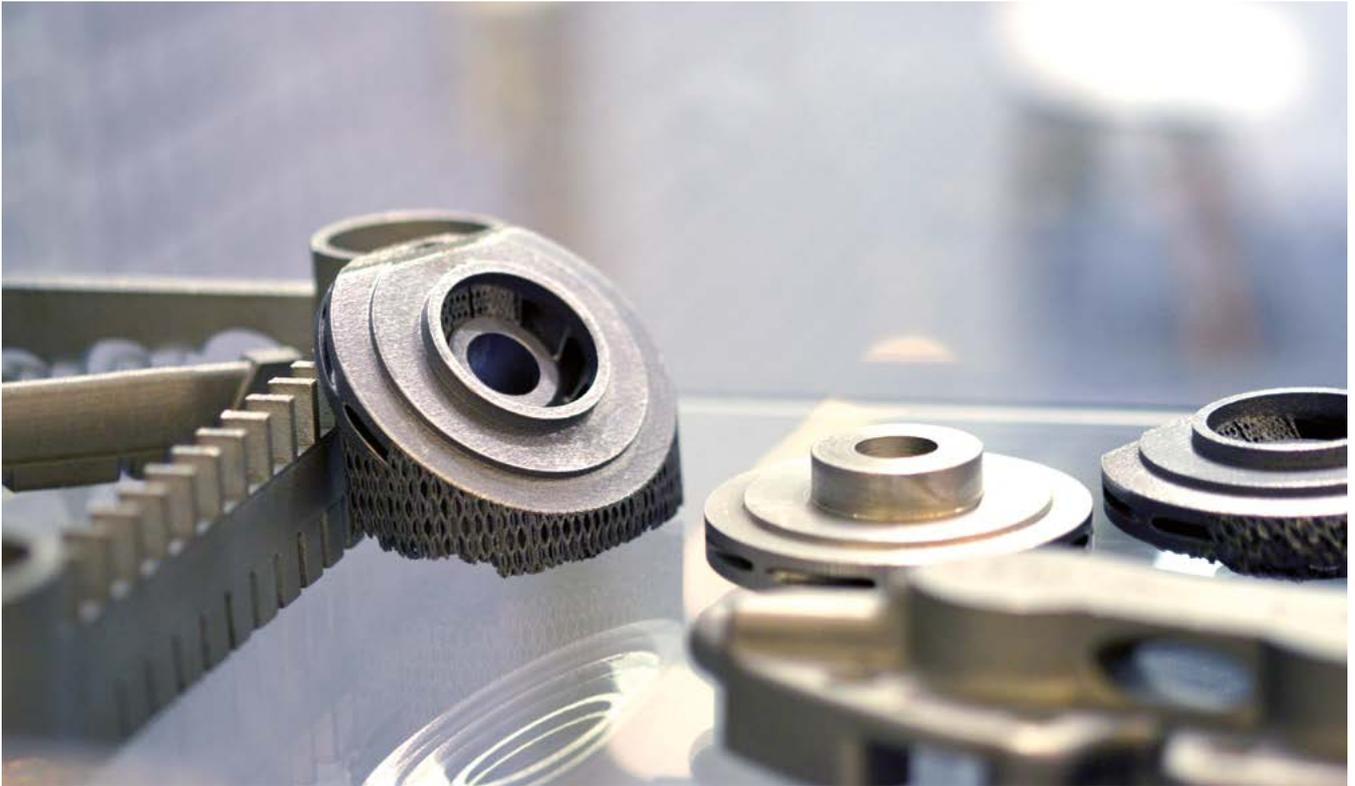
Recibido / received: 23/06/2020. Aceptado / accepted: 17/10/2020.

1. Graduado en Ingeniería Mecánica por la Universidad de Oviedo (2019). Especializado en diseño mecánico y fabricación.

2. Profesor de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), en el departamento de Ingeniería de Construcción y Fabricación. Profesor del Máster Universitario en Ingeniería del Diseño.

3. Profesora de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), en el departamento de Ingeniería de Construcción y Fabricación. Profesora y coordinadora del Máster Universitario en Ingeniería del Diseño.

Autor para correspondencia: Lucas García Menéndez. E-mail: lucas.gm.796@gmail.com.



El diseño generativo ha sido factible gracias al crecimiento de la fabricación aditiva. En la imagen, piezas impresas con una impresora metálica 3d. Foto: Shutterstock.

Introducción

El diseño generativo es una nueva forma de abordar la construcción o creación de nuevos objetos. A la hora de concebir una nueva creación, el diseñador, en lugar de basarse en formas conocidas, selecciona los objetivos y las restricciones de aquello que desea diseñar y los expresa mediante parámetros básicos como la altura, el peso que debe soportar, la resistencia que debe ofrecer, etc. (Akella, 2016). A continuación, explora innumerables posibles permutaciones de una solución, generadas por la combinación de *software* de inteligencia artificial (IA) y la potencia de cálculo de la nube. De esta forma, se pueden obtener miles de soluciones al problema planteado, incluyendo formas que, sin la ayuda de estas herramientas, serían prácticamente imposibles de diseñar (Autodesk, 2018). Como se puede ver, el planteamiento del diseño generativo se aleja del paradigma más común de crear y, después, evaluar, puesto que, en lugar de preguntar: “¿Esta forma cumple con los requisitos?”, el diseño generativo se pregunta: “¿Qué forma cumple con los requisitos?”.

El diseño generativo ha tomado mucha fuerza en campos como la in-

geniería, el arte y el diseño, aunque uno de los sectores en los que está más consolidado es en la arquitectura. Por este motivo, hay definiciones muy precisas que provienen de dicho sector. Por ejemplo, Laars Hesselgren propone: “el diseño generativo no trata de diseñar un edificio, trata de diseñar el sistema que diseñe un edificio” y Kristina Shea sostiene: “los sistemas de diseño generativo tienen por objeto crear nuevos procesos que produzcan diseños espacialmente novedosos, pero eficientes y construibles mediante la explotación de las capacidades informáticas y de fabricación actuales” (Krish, 2011).

El diseño generativo y la optimización topológica tienen algunas características comunes, lo que ha provocado que ambos términos hayan sido a menudo confundidos o entremezclados. Esta ambigüedad surge porque las entradas en un proceso de diseño generativo son, en muchos casos, similares a las de las herramientas de optimización topológica (Akella, 2016). El concepto de optimización topológica es menos novedoso que el de diseño generativo. Los primeros documentos que describen la optimización topológica se remontan a prin-

cipios de la década de 1990. En 1994, Altair, empresa americana de tecnologías de la información, recibió el reconocimiento “Tecnología del Año” por OptiStruct, la primera implantación comercial de tecnología de optimización topológica (Altair, 2019). Jeffrey Brennan, director de *marketing* de Altair, definió la optimización topológica como “una metodología para obtener una distribución óptima del material para un diseño bajo unas condiciones de uso determinadas” (Altair, 2019). En definitiva, la optimización topológica es un proceso que consiste en reducir material de un objeto existente, manteniendo la función para la que ha sido diseñado.

Por tanto, hay dos diferencias fundamentales entre diseño generativo y optimización topológica:

- La optimización topológica se centra en mejorar un diseño preexistente, en rediseñar un componente que ya está concebido. En cambio, el diseño generativo crea nuevas posibilidades de diseño.

- La segunda diferencia es que el diseño generativo tiene en cuenta el propio proceso de fabricación. Esto se traduce en una drástica reducción de la secuencia de probar los productos y

volver a la fase de diseño. La optimización tradicional se centra en mejorar una solución conocida, que normalmente implica eliminar el exceso de material sin tener en cuenta cómo se va a fabricar o utilizar dicho elemento. Esto hace que, tras el proceso de optimización, se requiera modelado adicional, simulación y pruebas.

En el diseño generativo, la simulación viene implícita en el proceso de diseño. Se puede especificar el método de fabricación, como impresión 3D, CNC, fundición..., desde el principio. El *software* solo producirá diseños que se puedan fabricar mediante el método especificado (Akella, 2016).

El diseño generativo es un apartado muy amplio del diseño. Una forma de comprender más a fondo sus principales características es analizar algunas de las técnicas existentes. El cuerpo principal de este trabajo se centra en describir una selección de ellas junto con ejemplos destacados de su aplicación. En la parte final, se comenta la situación actual del diseño generativo, tanto en relación con el desarrollo de nuevo *software* como en relación con sus aplicaciones para el diseño de productos.

Procesos, técnicas y aplicaciones del diseño generativo

En todo proceso de diseño generativo se pueden distinguir tres elementos esenciales: un diseño esquema o conjunto de parámetros y algoritmos que definen lo que se quiere diseñar, un medio de crear variaciones y un medio de seleccionar resultados deseables.

Hay numerosos medios para crear variaciones en un proceso de diseño generativo, lo que da lugar a distintas técnicas dentro de este tipo de diseño. A continuación, se explican cinco de las más desarrolladas y se describen ejemplos destacados de su aplicación (Singh y Gu, 2012): el autómatas celular, los algoritmos genéticos, la gramática geométrica, sistema-L o sistema de Lindenmayer y, finalmente, la inteligencia de enjambre o sistema multiagente.

Autómata celular

Un autómatas celular (AC) consiste en un conjunto de células (unidades mínimas) situadas en una rejilla (de una, dos o tres dimensiones) y que evolucionan a lo largo del tiempo de acuerdo con

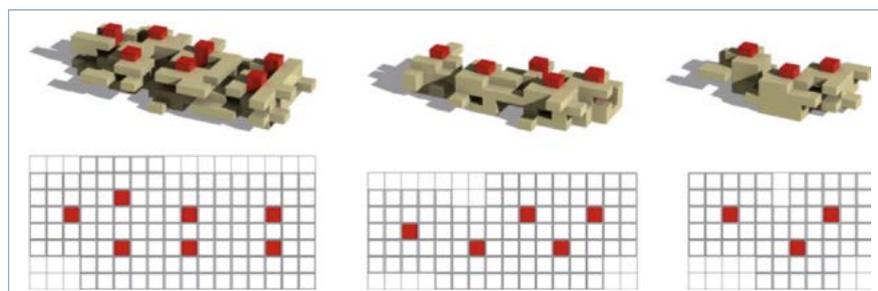


Figura 1. Tres resultados significativos obtenidos por aplicación de la técnica de diseño generativo autómatas celular (Khalili Araghi y Stouffs, 2015).

un conjunto de reglas que se definen en función del estado previo de las células vecinas, es decir, el estado de una célula, en un tiempo concreto t , depende del estado de sus células vecinas en el $t-1$.

Un ejemplo del empleo de esta técnica en la arquitectura fue la creación de edificios residenciales de alta densidad. Los tipos de células empleados en (Khalili Araghi y Stouffs, 2015) incluían unidades de paso, estudios y apartamentos de una y dos habitaciones. Dentro de este proceso de diseño generativo, se abordaron dos requisitos arquitectónicos desafiantes de los edificios de alta densidad: la accesibilidad y la luz natural.

Inicialmente, se definieron las unidades de paso, que permanecen constantes para todos los pisos. Después, el sistema asigna una configuración inicial aleatoria a cada piso. El sistema va cambiando el estado de cada célula, controlando dicho estado en términos de accesibilidad y luz natural, hasta generar resultados que cumplen con los requisitos establecidos (Khalili Araghi y Stouffs, 2015) (Fig. 1).

Algoritmos genéticos

Los algoritmos genéticos y la programación genética son técnicas inspiradas en procesos evolutivos naturales. Estos algoritmos hacen evolucionar una población de individuos, someténdola a acciones aleatorias semejantes a las que actúan en la evolución biológica (mutaciones y recombinaciones genéticas), en función de las cuales se decide cuáles son los individuos más adaptados, que sobreviven, y cuáles los menos aptos, que son descartados.

En el diseño, los algoritmos genéticos han sido utilizados para diversos propósitos como la optimización, la planificación de la disposición del es-

pacio y la creación de estilos de representación y formas arquitectónicas.

Gramática geométrica

Este tipo de diseños se aplica principalmente para generar formas geométricas. Fueron de los primeros sistemas algorítmicos utilizados, tanto para crear como para comprender diseños directamente a través de cálculos con formas, en lugar de indirectamente a través de cálculos con código o símbolos. Consisten en una serie de reglas que definen cómo puede ser transformada una forma existente.

George Stiny, fundador, junto con James Gips, de la gramática geométrica, define cuatro componentes básicos de una gramática geométrica: un conjunto finito de formas, un conjunto finito de símbolos, un conjunto finito de reglas de forma y una forma inicial.

Un diseño generado mediante gramática geométrica se puede ver como “elementos en relación”. La creación de diseños consiste en cambiar (añadir, sustraer o sustituir) los “elementos” y definir o alterar las “relaciones” entre ellos mediante las reglas de forma. Mediante la alteración de la secuencia de aplicación de las reglas de forma, surgen diferentes diseños que comparten un estilo similar.

Este tipo de técnicas es ampliamente utilizado en arquitectura. Una de las aplicaciones de la gramática geométrica en este sector es la gramática palladiana de G. Stiny y W. J. Mitchell (Stiny y Mitchell, 1978). El objetivo de esta gramática fue la generación de planos de villas de arquitectura palladiana (arquitectura basada en la obra de Andrea Palladio, siglo XVI, con un gusto muy marcado por el estilo clásico). En concreto, esta gramática se aplicó para generar el plano de la Villa Malcontenta (Mira, Venecia, Italia). El

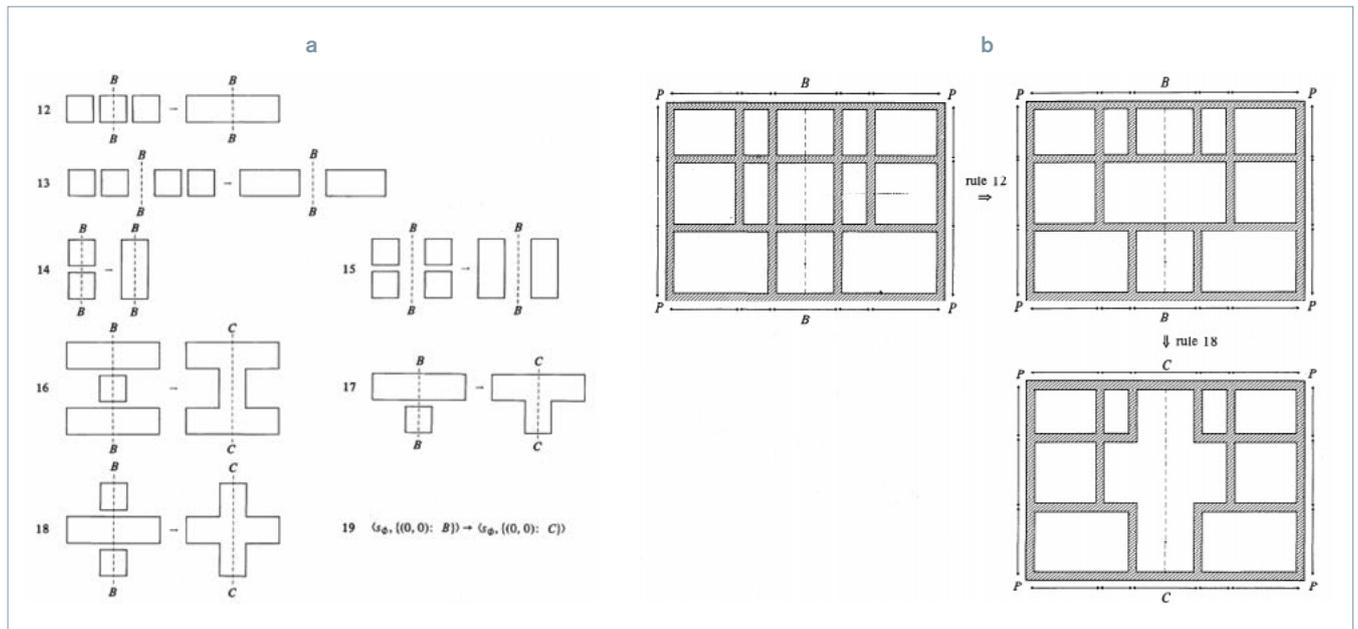


Figura 2. (a) Reglas para la distribución de las habitaciones en la gramática palladiana de Stiny y Mitchell y (b) su aplicación a la Villa Palladiana Malcontenta (Stiny y Mitchell, 1978).

primer paso fue la definición explícita del estilo de la arquitectura palladiana. Para ello, se analizaron las reglas de la arquitectura clásica descritas por Palladio en su obra *I Quattro Libri dell'Architettura*. Stiny y Mitchell refundieron partes de estas reglas arquitectónicas en una nueva gramática de una forma moderna y generativa. Las reglas creadas, en muchos casos, son traducciones directas de los cánones de diseño de Palladio; en otros casos están basadas en ejemplos de planos de villas presentes en *I quattro libri dell'Architettura*. Esta gramática generaba las características principales de la mayoría de los planos de las Villas de Palladio.

Estos planos pueden ser generados en ocho etapas que corresponden a un proceso de diseño natural e intuitivo. Las etapas se aplican en esta secuencia: (1) definición de la cuadrícula; (2) definición de la pared exterior; (3) distribución de las habitaciones; (4) reordenación de la pared exterior; (5) entradas principales-pórticos; (6) columnas de ornamentación exterior; (7) ventanas y puertas, y (8) terminaciones.

Como ejemplo concreto, vamos a analizar el conjunto de reglas para la distribución de las habitaciones en una villa rectangular. Los espacios interiores en los planos de las Villas de Palladio pueden tener forma de rectángulo, de , de T o de +, como se puede ver en las figuras 2 y 3.

Mediante la aplicación de reglas para cada una de las ocho etapas de diseño mencionadas anteriormente, se obtienen gran variedad de planos diferentes, pero todos comprendidos dentro del estilo palladiano (Stiny y Mitchell, 1978).

Otros ejemplos de aplicaciones de la gramática geométrica para la creación de diseños pertenecientes a un cierto estilo son la gramática de los jardines mogoles (Stiny y Mitchell, 1980), la gramática de las casas de estilo de la pradera de Frank Lloyd Wright (Koning y Eizenberg, 1981) y la gramática de las casas diseñadas por el arquitecto Álvaro Siza en Malagueira (Potugal) (Pinto Duarte, 2001).

Sistema-L o sistema de Lindenmayer

En general, un sistema-L es un conjunto de reglas y símbolos utilizados principalmente para modelar el proceso de crecimiento de las plantas, aunque puede modelar también la morfología de una gran variedad de organismos. En el campo del diseño, el sistema consiste en un conjunto de reglas aplicadas de forma recursiva a elementos seleccionados, lo que da lugar a la aparición de cadenas. La diferencia entre este sistema y la gramática geométrica es que los sistemas-L representan el diseño mediante cadenas en lugar de operar directamente sobre las formas diseñadas.

Los sistemas-L están compuestos de:

- **Variabes.** Elementos que pueden ser reemplazados.
- **Constantes.** Elementos que se mantienen fijos.
- **Inicio o axioma.** Cadena de símbolos que definen el estado inicial del sistema.
- **Reglas o producciones.** Conjunto de reglas que define la forma en la que las variables pueden ser reemplazadas por combinaciones de constantes y otras variables. Una producción está formada por dos cadenas (el predecesor y el sucesor). Estas reglas gramaticales de los sistemas-L se aplican iterativamente a partir de un estado inicial. Uno de los ejemplos más sencillos es el sistema-L de Lindenmayer para modelar el crecimiento de algas. En este caso, se definen los siguientes parámetros:
 - **Variabes:** a, b.
 - **Constantes:** ninguna.
 - **Inicio o axioma:** a
 - **Reglas o producciones:** (A→AB), (B→A).

Este sistema produce el resultado recogido en la figura 3.

Estos sistemas también se han empleado para la planificación y simulación virtual de ciudades muy complejas, incluyendo desde el diseño de la red primaria de carreteras hasta la construcción de edificios (Kelly y McCabe, 2006) (Parlsh y Müller, 2001).



Figura 3. Resultado de la aplicación del sistema L para modelar el crecimiento de algas.

Inteligencia de enjambre y sistema multiagente

Un modelo basado en agentes (MBA) es un tipo de modelo computacional que permite la simulación de acciones e interacciones de individuos autónomos (agentes) dentro de un entorno, a la vez que permite determinar qué efectos producen dichas acciones en el conjunto del sistema. Estos agentes son capaces de actuar de forma autónoma según sus propias creencias. Además, pueden actuar de forma independiente o interactuar y comunicarse entre sí para competir o para colaborar y alcanzar colectivamente sus objetivos.

Un ejemplo de aplicación de MBA en el campo del diseño es el trabajo de Maher, Smith y Gero (Theraulaz y Bonabeau, 1995).

La inteligencia de enjambre es una rama de la inteligencia artificial que estudia el comportamiento colectivo de los sistemas descentralizados, autoorganizados, naturales o artificiales. Inspirados por la naturaleza, estos sistemas están típicamente formados por una población de agentes simples que interactúan localmente entre ellos y con su entorno. Los agentes siguen reglas simples y, aunque no existe una estructura de control centralizado que dictamine el comportamiento de cada uno de ellos, las interacciones locales entre los agentes hacen surgir un comportamiento global complejo.

El diseño generativo en la actualidad

Hoy por hoy, la mayoría de las empresas de *software* de diseño, tales como Autodesk, ANSYS, etc., están desarrollando aplicaciones basadas en diseño generativo. Una de las compañías que más ha trabajado en este ámbito es Dassault Systèmes, desarrolladora de, entre muchos otros, los programas



Figura 4. Comparación de resultados que obtener con diferentes procesos de fabricación (Dassault Systèmes, 2019).



Figura 5. Simulaciones llevadas a cabo para comprobar la resistencia de las piezas (Dassault Systèmes, 2019).

de diseño 3D SolidWorks y CATIA. Dentro de este último *software* se incluye la herramienta *Diseñador generativo (CATIA Function-Driven Generative Designer [GDE])*.

En el ámbito del diseño mecánico o diseño de producto, se emplea *software* de diseño generativo con objetivos como minimizar el peso de la pieza, maximizar la rigidez, reducir el costo u optimizar el uso del material. La aparición de nuevos materiales y procesos de fabricación (como la fabricación aditiva) hace posible la creación de geometrías que, con enfoques tradicionales, eran impensable. Sin embargo, en muchas ocasiones el coste de explorar la optimización de una pieza es prohibitivo debido a la dificultad de colaboración entre diseño, simulación y optimización. Esto hace que el proceso sufra muchos retrasos y que se originen errores en la comunicación de datos. Además, la optimización tradicional requiere expertos, ya que resulta imposible crear y validar múltiples conceptos para encontrar el óptimo.

La herramienta “diseñador generativo” del *software* CATIA responde a los retos previamente planteados y permite generar automáticamente un gran

número de piezas conceptuales a partir de unas especificaciones funcionales.

El flujo de trabajo comienza con la creación de una geometría básica (que puede ser importada desde cualquier herramienta de diseño asistido por computadora). Una comprobación de la pieza en su contexto de trabajo permite evaluar la funcionalidad de la misma. A continuación, se definen las especificaciones incluyendo el material, el espacio asignado, las cargas a las que va a estar sometida, el proceso de fabricación deseado, etc. El *software* genera una geometría optimizada en función de las especificaciones previamente definidas. A continuación, se crea un gran número de variaciones de dicha geometría. Se realizan simulaciones para garantizar que la resistencia y las deformaciones de la pieza están dentro de tolerancia y, una vez validada por el diseñador, la forma conceptual se transforma en un modelo que pueda ser fabricado (bien mediante fabricación aditiva o mediante procesos de fabricación tradicionales). De esta forma se integran las fases de diseño, simulación y optimización (Dassault Systèmes, 2019) (Figs. 4 y 5).

El diseño generativo ha sido factible gracias al crecimiento de la fabri-



Figura 6. Silla A.I (Schwab, 2019).

cación aditiva, sector que, en la actualidad, todavía tiene un largo camino por recorrer antes de alcanzar niveles de producción iguales a las técnicas de fabricación tradicionales utilizadas en la producción en masa (Keane, 2018).

Cabe destacar que el diseño generativo se ha consolidado en sectores como el aeroespacial. Sin embargo, todavía es difícil encontrar en el mercado productos ordinarios de consumo final concebidos mediante técnicas de diseño generativo. Existen multitud de prototipos y ejemplos teóricos, como la potencia de una bicicleta diseñada con Dreamcatcher (sistema de diseño generativo desarrollado por Autodesk) (Wang, 2016) o los componentes para coches diseñados por General Motors (GM) en colaboración también con Autodesk (Alderton, 2018), pero, como decimos, apenas existen productos comerciales. Una excepción es la silla A.I. (Schwab, 2019), creada por el diseñador francés Philippe Starck en colaboración con la empresa de muebles Kartell, que se fabrica en masa desde 2019. Esta silla se diseñó para que empleara la mínima cantidad de material posible y para ser fabricada mediante moldeo por inyección (Fig. 6).

Conclusiones

A menudo, el término “diseño generativo” se usa de forma errónea o tergiversada. Por eso, se ha intentado dar una visión clara sobre qué es y qué no es el diseño generativo. Concretamente, se han remarcado las diferencias entre diseño generativo y optimización topológica, técnicas que, a pesar de compartir características, no son

iguales. En resumen, la optimización topológica tiene como objetivo mejorar un diseño existente, mientras que “diseño generativo” no necesita un diseño de partida, sino que engloba el proceso de creación de principio a fin.

Al abordar la definición de diseño generativo se explicó cómo, mediante la combinación de *software* de inteligencia artificial (IA) y potencia de cálculo de la nube, se crea un gran número de respuestas que responden a los objetivos inicialmente planteados. Estas respuestas son generadas mediante diversas técnicas. Abundan las publicaciones en las que se aplican las técnicas existentes individualmente, pero es difícil encontrar artículos que las comparen entre sí. En este estudio del estado del arte se han explicado, de forma superficial, cinco de las técnicas más desarrolladas de diseño generativo: el autómata celular, los algoritmos genéticos, la gramática geométrica, el sistema-L o sistema de Lindenmayer y la inteligencia de enjambre o sistema multiagente.

Cada vez son más los sectores que incluyen el diseño generativo dentro de su flujo de trabajo en el desarrollo de productos. Gracias a los avances en campos como el aprendizaje de máquinas, la computación en la nube y la fabricación aditiva, el diseño generativo desempeñará un papel clave en el diseño y la fabricación del futuro.

Referencias

Akella, R. (2016). What Generative Design Is and Why It's the Future of Manufacturing, *Industry Week*. Disponible en: <https://www.industryweek.com/technology-and-iiot/what-generative-design-and-why-its-future-manufacturing>. (Consultado el 18 de junio de 2020).

- Alderton, M. (2018). Driving a lighter, more efficient future of automotive-part design at GM. Disponible en: <https://www.autodesk.com/redshift/automotive-design/>. (Consultado el 18 de junio de 2020).
- Altair (2019). Generative Design and Topology Optimization. Disponible en: <https://web.altair.com/generative-design-report>. (Consultado el 18 de junio de 2020).
- Autodesk (2018). Generative Design. Disponible en: <https://www.autodesk.com/solutions/generative-design>. (Consultado el 18 de junio de 2020).
- Dassault Systemes (2019). 3DEXPERIENCE CATIA Function-Driven Generative Designer. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=ZE2l2GKscH0&t=270s>. (Consultado el 18 de junio de 2020).
- Keane, P. (2018). Generative Design: The Road to Production. Disponible en: <https://www.engineering.com/DesignSoftware/DesignSoftwareArticles/ArticleID/16973/Generative-Design-The-Road-to-Production.aspx>. (Consultado el 18 de junio de 2020).
- Kelly, G. y McCabe, H. (2006). Interactive generation of cities for real-time applications, *ACM SIGGRAPH 2006 Research Posters, SIGGRAPH 2006*. doi: 10.1145/1179622.1179673.
- Khalili Araghi, S. y Stouffes, R. (2015). Exploring cellular automata for high density residential building form generation, *Automation in Construction*. Elsevier B.V., 49(PA), pp. 152-162. doi: 10.1016/j.autcon.2014.10.007.
- Krish, S. (2011). What is Generative Design? Disponible en: <https://generativedesign.wordpress.com/2011/01/29/what-is-generative-design/#more-1314>. (Consultado el 18 de junio de 2020).
- Koning, H. y Eizenberg, J. (1981). The Language of the Prairie: Frank Lloyd Wright's Prairie Houses, *Environment and Planning B: Planning and Design*, 8(3), pp. 295-323. doi: 10.1068/b080295.
- Parish, Y. I. H. y Müller, P. (2001). Procedural Modeling of Cities. En *Proceedings of the 28th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, 301-8. SIGGRAPH '01. New York, NY, USA: ACM.
- Pinto Duarte, J. (2001). *Customizing Mass Housing: A Discursive Grammar for Siza's Malagueira Houses*. Massachusetts Institute of Technology.
- Schwab, K. (2019). This is the first commercial chair made using generative design, *Fast Company*. Disponible en: <https://www.fastcompany.com/90334218/this-is-the-first-commercial-product-made-using-generative-design>. (Consultado el 18 de junio de 2020).
- Singh, V. y Gu, N. (2012). Towards an integrated generative design framework, *Design Studies*. Elsevier Ltd, 33(2), pp. 185-207. doi: 10.1016/j.destud.2011.06.001.
- Stiny, G. y Mitchell, W. J. (1978). The Palladian grammar, *Environment and Planning B: Planning and Design*, 5, pp. 5-18. doi: 10.1068/b050005.
- Stiny, G. y Mitchell, W. J. (1980). The grammar of paradise: on the generation of Mughul gardens, *Environment and Planning B: Planning and Design*, 7, pp. 209-226. doi: 10.1068/b070209.
- Theraulaz, G. y Bonabeau, E. (1995). Modelling the collective building of complex architectures in social insects with lattice swarms, *Journal of Theoretical Biology*, 177, pp. 381-400. doi: 10.1006/jtbi.1995.0255.
- Wang, C. (2016). Algoritmos conscientes: el nuevo papel del diseñador en diseño generativo. Disponible en: <https://ethnographymatters.net/es/blog/2016/06/17/mindful-algorithms-the-new-role-of-the-designer-in-generative-design/>. (Consultado el 18 de junio de 2020).

Iluminación de fuentes ornamentales mediante tecnología led. Prescripciones de reglamentos y normativa aplicable a la instalación eléctrica e iluminación

Illumination of ornamental sources using LED technology. Prescriptions of regulations and rules of application to electrical installation and lighting

Carlos de la Fuente Borreguero¹

Resumen

La iluminación de las fuentes ornamentales permite apreciar sorprendentes efectos visuales del agua en movimiento, crear nuevos escenarios basados en la luz y el color y percibir las características constructivas de los vasos y los elementos escultóricos o arquitectónicos que la integran, ofreciendo visiones nocturnas de la fuente muy distintas a las que se tienen durante el día; de aquí la importancia de dotar a la fuente ornamental de una correcta iluminación.

En el presente artículo se exponen las distintas técnicas de iluminación empleadas en fuentes ornamentales y se aporta una serie de directrices y especificaciones para su correcta iluminación mediante tecnología led. También se exponen las prescripciones y requerimientos que los distintos reglamentos y normas de aplicación exigen a la instalación eléctrica e iluminación. Todo ello será de gran utilidad para que los proyectistas y constructores de fuentes ornamentales encuentren en cada caso la mejor solución.

Palabras clave

Fuente ornamental, iluminación, instalación eléctrica, led, proyecto.

Abstract

The illumination of the ornamental fountains allows us to appreciate surprising visual effects of moving water, create new scenarios based on light and colour and perceive the constructive characteristics of the vessels and the sculptural or architectural elements that comprise them offering night views of the fountain very different from those that are held during the day. Hence the importance of providing the ornamental fountain with correct lighting.

This article sets out the different lighting techniques used in ornamental fountains and provides a series of guidelines and specifications for their correct lighting using LED technology. The prescriptions and requirements that the different regulations and application standards require of the electrical installation and lighting are also exposed. All this will be very useful for designers and builders of ornamental fountains to find the best solution in each case.

Keywords

Ornamental fountain, lighting, electrical installation, LED, project.

Recibido / received: 18/04/2020. Aceptado / accepted: 06/10/2020.

¹Doctor Ingeniero Eléctrico, Máster de Postgrado en Ingeniería Ambiental para Profesionales Relacionados con la Obra Civil y la Industria, Graduado en Ingeniería Eléctrica e Ingeniero Técnico Industrial. Director de Gestión de Servicios de Luz Madrid UTE. E-mail: c.fuente@wanadoo.es; carlos.fuente.b@gmail.com.



Iluminación de la fuente situada en la Plaza San Juan de la Cruz, en Madrid. Foto: Shutterstock.

Introducción

La luz del sol, reflejada en el agua en movimiento de las fuentes ornamentales, permite apreciar fantásticos destellos y sorprendentes efectos visuales. Pero será una adecuada iluminación la que durante la noche permita potenciar los efectos producidos por el movimiento del agua, apreciar los componentes y características constructivas de los vasos y de los elementos escultóricos o arquitectónicos, además de resaltarla frente a la iluminación viaria o ambiental presente en su entorno. De aquí la importancia de dotar a las fuentes ornamentales de una correcta iluminación. Esta comprende el conjunto de luces para iluminar o adornar la fuente ornamental.

A lo largo del artículo se muestran las distintas técnicas de iluminación empleadas en fuentes ornamentales. A continuación se expone las principales características de la iluminación mediante tecnología led y se aporta una serie de directrices y consideraciones para su aplicación a la iluminación de fuentes ornamentales.

Para finalizar se abordan los requerimientos y prescripciones que los distintos reglamentos y normas de aplicación exigen cumplir a la instalación

eléctrica e iluminación de las fuentes ornamentales.

Técnicas de iluminación de fuentes ornamentales

Fuentes luminosas y fuentes iluminadas

Tradicionalmente, se ha diferenciado entre fuente iluminada y fuente luminosa. Se conoce como fuente iluminada la que recibe luz desde el exterior y fuente luminosa, la que alberga la iluminación en su interior, tiene luz propia que difunde hacia el exterior, propiciando efectos plásticos muy superiores a los de la primera. Este artículo se centra en las fuentes luminosas.

Las fuentes luminosas suelen contener proyectores sumergidos en el interior de los vasos, en contacto con el agua, colocados sobre soportes o directamente fijados al suelo o alojados en huecos construidos en las paredes de los vasos. Este tipo de iluminación requiere vaciar de agua el vaso para sustituir las lámparas o reparar los proyectores, a no ser que se haya previsto longitud de cable suficiente como para sacarles fuera del agua. También existen fuentes en las que la iluminación de los juegos de agua y/o elementos escultóricos se realiza con

proyectores alojados en hornacinas secas, situadas en las paredes de los vasos o colocados debajo de lucernarios o claraboyas, construidas en los forjados que separan los vasos de las salas de máquinas situadas debajo, cubiertos por cristales herméticamente sellados para evitar filtraciones de agua (Fig. 1).

Las fuentes iluminadas reciben la luz de proyectores situados en el exterior, instalados en soportes o alojados en arquetas, situados a cierta distancia de los vasos, de los que parten los haces de luz que iluminan los juegos de agua y/o elementos escultóricos. En este tipo de iluminación, las lámparas más empleadas hasta la aparición de los led eran las de descarga.

Influencia de la refracción en la iluminación de las fuentes

La refracción de la luz es el cambio de dirección que experimenta un rayo luminoso al pasar de un medio a otro (salvo en incidencia perpendicular, en la que no hay cambio en la dirección de propagación, aunque sí de la velocidad de la luz al cambiar de medio). Dicho cambio se produce por una variación en la velocidad de propagación de la luz, que disminuye si la densidad del medio es mayor y aumenta si es menor.



Figura 1. Iluminación mediante proyectores situados en sala de máquinas, debajo de un lucernario. Fuente de San Juan de la Cruz en Madrid. C. de la Fuente (2018).

Cuando un rayo luminoso pasa de un medio transparente de mayor índice de refracción a otro de menor índice se aleja de la normal y viceversa (Fig. 2). Llegará un momento en que cualquier rayo que incida con un ángulo θ_1 , mayor que el ángulo crítico (θ_c) —correspondiente al agua y aire— se reflejará en la interfaz en lugar de refractarse. En este caso el rayo quedará rasante con la superficie de separación de ambos medios o se reflejará hacia abajo.

Los rayos luminosos procedentes de las luminarias sumergidas en las fuentes pasan de un medio de mayor índice de refracción (el agua) a otro de menor índice (el aire) y, por tanto, tienden a alejarse de la normal, es decir, los rayos que salen hacia el exterior tienden a alejarse de la vertical. Según esto, a medida que aumenta la altura de los elementos a iluminar, menor es el número de rayos luminosos que reciben. Por otro lado, si las luminarias se colocan emitiendo la luz perpendicular a la superficie libre del agua, determinados rayos luminosos inciden con un ángulo igual o mayor que el ángulo crítico (θ_c), de modo que se reflejan en la interfaz quedando rasantes con la superficie de separación de ambos medios o son reflejados hacia abajo (no salen al exterior).

Influencia de las partículas en suspensión y la profundidad de los proyectores

El agua de las fuentes ornamentales contiene partículas en suspensión, y aumenta su cantidad a medida que transcurre el tiempo desde la última renovación. Estas partículas modifican las trayectorias de los rayos de luz e, incluso, pueden dirigirlos hacia el fon-

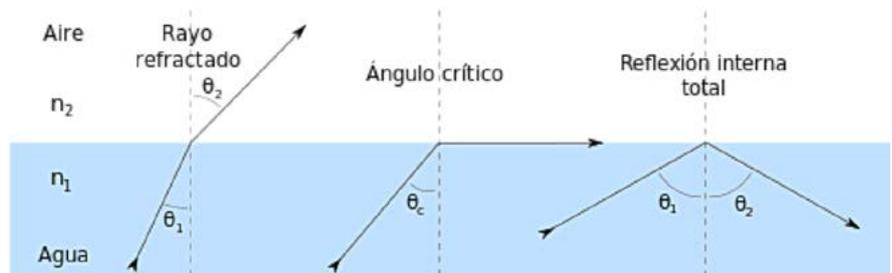


Figura 2. Refracción de la luz. Ángulo crítico.

do del vaso. Esto implica una reducción del nivel de luz en los juegos de agua o elementos iluminados y una reducción del rendimiento lumínico de estas instalaciones de alumbrado ornamental similar a la que experimentan las del alumbrado público con la suciedad depositada en los sistemas ópticos de las luminarias.

La profundidad a la que se sitúan los proyectores también influye en la cantidad de luz que sale al exterior, pues con la profundidad aumenta la cantidad de partículas suspendidas en el agua que modifican las trayectorias de los rayos de luz, por lo que disminuye el número de rayos que salen al exterior.

Algunas consideraciones básicas sobre iluminación de fuentes

Por las razones expuestas, no se deben colocar los proyectores emitiendo los rayos de luz paralelos a la superficie libre del agua, y es muy excepcional encontrar fuentes con los proyectores colocados en huecos practicados en los muros. Para un óptimo aprovechamiento de los rayos de luz, al instalar los proyectores se tendrá en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se colocarán próximos al elemento a iluminar y orientados hacia el

mismo, procurando la verticalidad de los rayos de luz proyectados, de modo que incidan perpendiculares a la superficie libre del agua, para no cambiar su dirección de propagación.

- Los proyectores incorporarán una lira que permita orientarles y dirigir el haz de luz hacia los elementos a iluminar.
- Estarán cubiertos con poca agua (la mínima necesaria para asegurar su correcto funcionamiento) y así reducir el número de partículas suspendidas en el agua que pueden modificar la trayectoria de los rayos luminosos.

El resultado será un mejor aprovechamiento de la luz (mayor rendimiento luminoso), se necesitará menor potencia de iluminación y la iluminación será más económica (tanto en su instalación como en su mantenimiento y explotación).

Iluminación mediante tecnología led

Diodos led

El diodo led (Fig. 3) es un dispositivo semiconductor que emite fotones de luz al paso de una corriente eléctrica

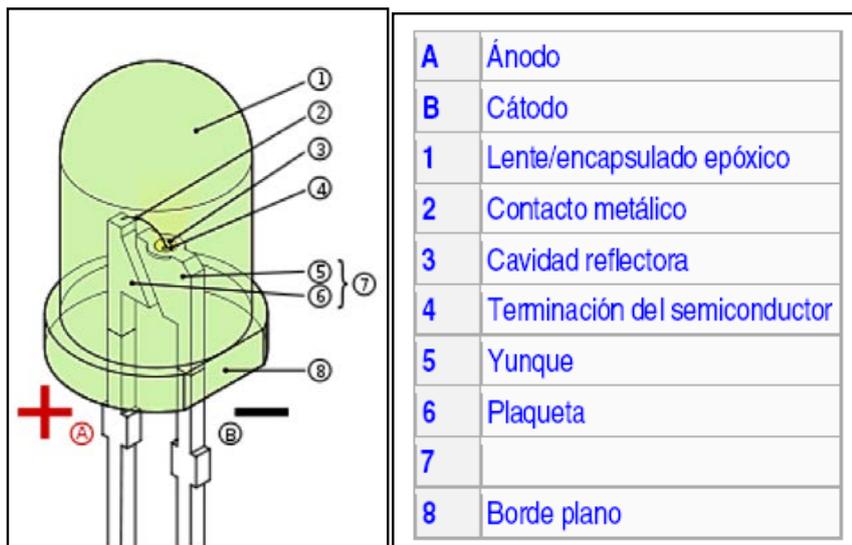


Figura 3. Detalle esquema de un led.

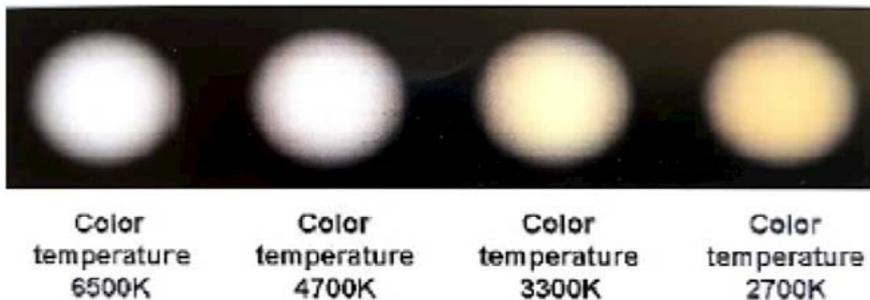


Figura 4. Ejemplo de led de luz blanca y diferentes temperaturas de color (Cavaller, 2010).

en un sentido determinado (ánodo-cátodo), si se utiliza la convención eléctrica de la circulación de electrones. El color (longitud de onda) depende del material semiconductor empleado en la construcción del diodo y puede variar desde el ultravioleta, pasando por el visible, hasta el infrarrojo.

Vida útil

La vida útil de un led (horas de funcionamiento para las cuales mantiene un porcentaje determinado del flujo respecto al inicial) depende básicamente de tres aspectos:

- De la temperatura de funcionamiento del diodo (T_j) —*T_{junction}*: temperatura del punto de unión—, que es tanto mayor cuanto mayor sea la intensidad de corriente de funcionamiento del diodo.
 - De la temperatura ambiente (T_a) que rodea al diodo.
 - De la disipación de calor.
- En líneas generales, cuanto menor

sea su temperatura de funcionamiento y mayor sea la disipación térmica, mayor será su vida y mejores serán sus prestaciones luminotécnicas.

La vida útil de los led, indicada por los fabricantes, se hace en función del parámetro vida, por ejemplo, L70 B50 significa que transcurridas las horas de vida señaladas, al menos en el 50% de los leds el flujo luminoso será del 70%, o únicamente con la vida, por ejemplo, L70 significa que transcurridas las horas señaladas el flujo luminoso será del 70% para el 100% de los leds.

Temperatura de color (T_c), reproducción cromática (IRC) y eficiencia

Otro aspecto a tener en cuenta es la temperatura de color (T_c) en kelvin, o tonalidad de luz blanca. Normalmente, los leds de color blanco se obtienen a partir de leds de color azul o incluso ultravioleta, a los que se añade una serie de fósforos en el encapsulado que absorben la radiación ultravioleta

ta y emiten luz blanca en frecuencias visibles, en un proceso muy similar al que se produce en las lámparas fluorescentes. En la figura 4 se puede ver un ejemplo de led de luz blanca y diferentes temperaturas de color. Como regla general se puede decir que cuanto más cálida es la luz blanca del led, menor es la temperatura de color y, por tanto, más fósforos contiene y el índice de reproducción cromática (IRC), o capacidad de reproducción de los colores de los objetos iluminados, mejora en proporción directa. Y, al contrario, si la luz blanca es muy fría, contiene pocos fósforos, la luz se acerca al azul y el IRC es peor.

La eficiencia del led también se ve afectada por este parámetro. Con la tecnología actual, se puede decir que existe una relación directa entre el flujo emitido por los leds y su eficiencia, de forma que los leds blancos más fríos son más eficientes, ya que tienen menos fósforos en su encapsulado, y los leds blancos más cálidos ven reducida su eficiencia al contener mayores capas de fósforos en su encapsulado.

Luminarias y proyectores de led

Una luminaria de led debe estar diseñada de forma que asegure una temperatura T_j adecuada, estudiando un sistema eficaz de disipación de calor. Lo que de ningún modo hay que hacer es adaptar luminarias fabricadas para funcionar con fuentes convencionales de luz, desmontar las lámparas y sus equipos auxiliares y realizar pequeñas modificaciones para incorporar los led sin estudiar un sistema eficaz de disipación de calor. Por tanto, si la luminaria no está diseñada *ad hoc* para fuentes de luz de led o la adaptación/modificación no está avalada por ensayos, el resultado no es fiable (Cavaller, 2010).

También se ha visto, sobre todo en los inicios de esta tecnología aplicada a la iluminación, que se han comercializado luminarias de led fabricadas sin ningún tipo de normas ni control, lo que ha dado lugar a cometer auténticas barbaridades. Para evitarlo, las luminarias de led deben cumplir las normas indicadas en la *Guía Técnica de Aplicación REEAE, GUÍA EA-04* (España. Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2013) y en lo referido a la seguridad, deben cumplir las siguientes normas:

- UNE-EN 62031:2009. Módulos de led para alumbrado general.

Requisitos de seguridad (España. AENOR, 2015).

- UNE-EN 61347-2-13:2015. Dispositivos de control de lámpara. Parte 2-13: requisitos particulares para dispositivos de control electrónicos alimentados con corriente continua o corriente alterna para módulos led (España. AENOR, 2015).

El CEI y el IDAE han elaborado un documento con los requerimientos técnicos exigibles para las luminarias de led de alumbrado exterior (CEI, IDAE, s.f.) que establece las características técnicas mínimas que deben satisfacer las luminarias de tecnología led y se aporta la normativa que deben cumplir.

Una de las principales ventajas de la iluminación led es la facilidad para cambiar el color. Existen proyectores de led RGB (*red, green, blue*) que incorporan los tres colores primarios (rojo, verde y azul). Estos colores pueden mezclarse entre sí obteniendo una amplísima gama de colores, incluido el blanco, lo que requiere tener un control sobre los mismos y realizar cambios y mezclas. También se comercializan proyectores RGBW, que además de los tres colores primarios, incorporan led de luz blanca, con una temperatura de color determinada (en este caso el blanco no se obtiene como mezcla de los tres colores primarios).

En el mercado hay una amplia variedad de fabricantes y proyectores de led para iluminar fuentes ornamentales, en instalación sumergida o al aire. En el momento de seleccionar un tipo de proyector hay que asegurarse de que sus prestaciones responden a las necesidades de la instalación proyectada y que cumple las exigencias de los reglamentos y normas en vigor, expuestos en este artículo.

En la figura 5 puede verse un proyector sumergible, que presenta las siguientes características:

- Fabricante: Safe Rain.
- Modelo: Ocean.
- Material de fabricación: latón y acero inoxidable AISI-304.
- Grado de protección: IP68 CE.
- Potencia: 36 W y 120 W.
- Tensión de servicio: 24 V DC.
- Color: W (blanco, 6500K), RGB y RGBW.
- Protocolo de control: DMX.
- Abertura del haz (ángulo): 10° (haz intensivo) y 30° (haz extensivo).



Light charts/ Gráficos de iluminación.

Spot/ Intensivo (Beam 10°)						Flood/ Extensivo (Beam 30°)							
Color	White/ Blanco	RGB		RGBW		Color	White	RGB		RGBW			
Distance/ Distancia	Beam/ Haz de luz (m)	Centre/ Centro	Beam/ Haz de luz (m)	Centre/ Centro	Beam/ Haz de luz (m)	Centre/ Centro	Beam/ Haz de luz (m)	Centre/ Centro	Beam/ Haz de luz (m)	Centre/ Centro	Beam/ Haz de luz (m)		
1 m	Ø 0,24	16808 lx	Ø 0,21	12063 lx	Ø 0,21	18300 lx	1 m	Ø 0,34	10171 lx	Ø 0,30	6095 lx	Ø 0,30	15284 lx
2 m	Ø 0,48	4202 lx	Ø 0,42	3016 lx	Ø 0,42	4560 lx	2 m	Ø 0,68	2543 lx	Ø 0,59	1524 lx	Ø 0,59	3336 lx
3 m	Ø 0,72	1867 lx	Ø 0,63	1340 lx	Ø 0,63	2030 lx	3 m	Ø 1,02	1120 lx	Ø 0,89	677 lx	Ø 0,89	1614 lx
4 m	Ø 0,97	1050 lx	Ø 0,84	754 lx	Ø 0,84	1150 lx	4 m	Ø 1,37	636 lx	Ø 1,19	381 lx	Ø 1,19	882 lx
5 m	Ø 1,21	672 lx	Ø 1,05	482 lx	Ø 1,05	732 lx	5 m	Ø 1,71	407 lx	Ø 1,40	244 lx	Ø 1,40	520 lx
7 m					Ø 1,47	370 lx						Ø 2,09	208 lx
9 m					Ø 1,89	220 lx						Ø 2,60	190 lx

Electrical data/ Datos eléctricos							Details/ Detalles			
Reference/ Referencia	Power/ Potencia	Voltage/ Voltaje	Beam angle/ Ángulo	Color/ Color	LEDs Num / Nº de LEDs	Lumens/ Lúmens	Life span/ Vida útil	Material/ Material	Weight/ Peso	Flect connection/ Conexión eléctrica
F5210201	36 W	24V DC	10°	White 6500K	12	1406 lm	40000/lws	STAINLESS STEEL AISI-304 - BRASS/ ACERO INOXIDABLE AISI-304 - LATÓN	1,63 kg	0.5 m cable with IP68 connector H05RN-F/H05RN-F H07RN-F/H07RN-F Ø 5 - Ø 12
F5210212			30°	White 6500K		1524 lm				
F5215206			10°	RGB		7029 lm				
F5215217	30°	RGB	7023 lm							
F5216409	120 W		10°	RGBW		5000 lm				
F5216411			30°	RGBW						

Figura 5. Proyector sumergible modelo Ocean de Safe Rain (Safe Rain, s.f.).

Iluminación de fuentes ornamentales con tecnología led

Las distintas actuaciones de iluminación de fuentes mediante tecnología led en las que ha participado el autor de este artículo han dado muy buenos resultados, tanto en lo referido a los ahorros energéticos obtenidos como en las soluciones aportadas, jugando con el color. La incorporación de la tecnología led a la iluminación de fuentes ha supuesto el mayor avance tecnológico desde la invención de la lámpara incandescente.

A modo de resumen, las principales ventajas que presenta la iluminación de fuentes mediante tecnología led frente a la iluminación tradicional, basada en el empleo de lámparas incandescentes sumergidas en los vasos, son:

- El alto rendimiento del led permite instalaciones de menor potencia y menor consumo energético.
- Vida extremadamente larga, más de 40.000 horas de vida útil.
- Son fuentes de luz sólidas que carecen de filamentos o tubos de descarga, lo que les confiere una alta

resistencia a golpes y vibraciones y una enorme fiabilidad.

- El menor tamaño de los leds permite una gran flexibilidad y emplear proyectores más reducidos y fáciles de ubicar.
- Por tratarse de una luz direccional, permite un control preciso del haz de luz, una mejor iluminación y la consecución de efectos luminosos espectaculares.
- Permite realizar rápidos e ilimitados encendidos y apagados, sin acortar la vida útil de los leds.
- Elevada eficacia de color. Los leds son fuentes de luz monocromáticas, lo que evita pérdidas al pasar la luz generada a través de filtros.
- Es posible emplear luz de distintos colores (RGBW), realizar infinidad de cambios de color y crear sorprendentes efectos luminosos.
- Son fácilmente regulables. Con las unidades de control adecuadas, los leds permiten su regulación y control de forma sencilla, sin comprometer su vida.

- No emiten radiación ultravioleta ni infrarroja, lo que evita en algunas aplicaciones el deterioro de los materiales o elementos iluminados.

Sistemas de control de la iluminación y los juegos de agua. Control DMX

Las fuentes ornamentales con iluminación a base de luces de colores que cambian de forma dinámica y las fuentes cibernéticas que combinan juegos de agua, iluminación y sonido (caso de las fuentes musicales) necesitan un sistema de control que gestione su funcionamiento, así como la sincronización de todos estos aspectos. Para gestionarlo, el sistema más empleado es el Control DMX.

DMX son las siglas del acrónimo inglés *digital multiplex*. Es un protocolo universal, muy utilizado en iluminación, que sirve para comunicar los equipos con los controladores. Es el protocolo de control más empleado en fuentes, gracias a su sencillez y versatilidad. Permite gestionar, de una manera lógica (mediante *software*) el funcionamiento de la iluminación, las electroválvulas y bombas. Básicamente, consta de una fuente de alimentación y del controlador, que envía una orden concreta a un elemento específico (controlado individualizado). Se requiere que todos los elementos estén perfectamente identificados (canales). La orden se transmite a través de los cables de tres hilos de alimentación, cables DMX, y solo es atendida por el que se indique en el canal correspondiente. Esto supone un nivel máximo de control sobre cada elemento de la fuente, con amplias posibilidades de sincronización. Permite gestionar el funcionamiento de la fuente vía control remoto e Internet. Puede utilizar amplificadores de señal o distribuidores.

Con los proyectores de led, del tipo RGB o RGBW, permite realizar cambios y mezclas de colores, efectos de transición, estáticos y de flash. El color de cada proyector es controlado, de manera individualizada, por su propio canal.

Dependiendo del tipo, la instalación de la interfaz DMX varía y puede tener:

1. Fuente musical: por delante de la interfaz DMX se halla un ordenador (PC, Mac, tableta, etc.) a través del cual se lleva a cabo la ejecución



Figura 6. Control DMX de la iluminación de la fuente de Cibele en Madrid, con motivo de la celebración del 40 aniversario de la Constitución de España, celebrado el 6 de diciembre de 2018.

de las secuencias y la sincronización entre hidráulica e iluminación.

2. Fuente no musical: el ordenador en este caso no es necesario. En su lugar, las secuencias cíclicas se graban directamente en la interfaz DMX, que las implementa (Fig. 6).

Prescripciones de reglamentos y normativa aplicable a la instalación eléctrica e iluminación

Los reglamentos en vigor, que aplican a las nuevas instalaciones eléctricas y de iluminación y a las modificaciones o reparaciones de importancia (se entiende por modificaciones o reparaciones de importancia cuando se afecta a más del 50 % de la potencia instalada) son:

- *Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias* (ITC) BT 01 a BT 51 (REBT), aprobado con el Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto (ESPAÑA. Ministerio de Ciencia y Tecnología, 2002).
- El *Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07* (REEAE), aprobado con el Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre (España. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2008).

Reglamento electrotécnico para baja tensión, Real Decreto 842/2002

Este reglamento trata las fuentes ornamentales en la instrucción ITC-BT-31 Instalaciones con fines especiales. Piscinas y fuentes. Cuenta con una guía técnica de aplicación que se actualiza periódicamente (España. Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, 2020).

A continuación se exponen, en primer lugar, los requerimientos de la instrucción ITC-BT-31 y después los de otras instrucciones, que también aplican a la instalación eléctrica de fuentes.

Instrucción ITC-BT-31 Instalaciones con fines especiales. Piscinas y fuentes

El apartado 3 de esta instrucción está dedicado enteramente a fuentes y dispone lo siguiente:

Fuentes

En las fuentes se diferencian solo dos volúmenes 0 y 1, como se describe en la figura 6.

Requisitos de los volúmenes 0 y 1 de las fuentes

- Protección mediante (MBTS) muy baja tensión de seguridad hasta un valor de 12 V en corriente alterna o 30 V en corriente continua. La protección contra el contacto directo

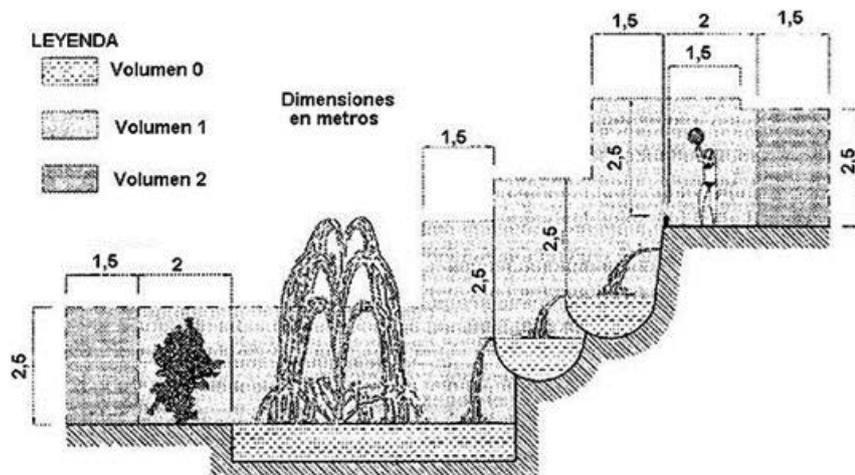


Figura 6.

debe estar asegurada.

- Corte automático mediante dispositivo de protección por corriente diferencial residual asignada no inferior a 30 mA.

Separación eléctrica mediante fuente situada fuera del volumen 0.

Para poder cumplir las medidas de protección anteriores, se requiere además que:

- El equipo eléctrico sea inaccesible, por ejemplo, por rejillas que solo puedan retirarse mediante herramientas apropiadas.
- Se utilicen equipos de clase I o III o especialmente diseñados para fuentes.

Las luminarias cumplan con lo indicado en la norma UNE-EN 60.598-2-18

- Las bases de enchufe no estén permitidas en estos volúmenes.
- Las bombas eléctricas cumplan con lo indicado en la norma UNE-EN 60.335-2-41.

Conexión equipotencial suplementaria

En los volúmenes 0 y 1 debe instalarse una conexión equipotencial suplementaria local. Todas las partes conductoras accesibles de tamaño apreciable, por ejemplo, surtidores, elementos metálicos y sistemas de tuberías metálicas deberán estar interconectadas conductivamente por un conductor de conexión equipotencial.

Protección contra la penetración del agua en los equipos eléctricos

Los equipos eléctricos deberán tener un grado de protección mínimo contra la penetración de agua, según:

- Volumen 0: IPX8.
- Volumen 1: IPX5.

Canalizaciones

Los cables resistirán permanentemente los efectos ambientales en el lugar de la instalación.

En los volúmenes 0 y 1 solo se permiten aquellos cables necesarios para alimentar al equipo receptor permanentemente instalado en estas zonas.

Los cables para el equipo eléctrico en el volumen 0 debe instalarse lo más alejado posible del borde de la pileta.

En los volúmenes 0 y 1 los cables y su instalación serán de las características indicadas en la ITC-BT-30, para locales mojados y los cables deberán colocarse mecánicamente protegidos en el interior de canalizaciones que cumplan la resistencia al impacto, código 5, según UNE-EN 50.086-1”.

La norma UNE EN 60598-2-18:1994 aplica a las luminarias instaladas dentro del agua que utilizan lámparas de filamento de wolframio (las incandescentes). No es de aplicación a las luminarias de leds.

El apartado 3 de la ITC-BT-31 no indica nada sobre la instalación eléctrica de las salas de máquinas de las fuentes (De la Fuente Borreguero, 2019). Estos locales cumplirán lo indicado en la ITC-BT-30 Instalaciones en locales de características especiales. El apartado 1 trata de los locales o emplazamientos húmedos y el apartado 2, de los mojados. Considera locales o emplazamientos mojados aquellos en los que se producen proyecciones de agua en su normal uso y aporta varios ejemplos. Según lo que indica, las salas de

máquinas de las fuentes pueden considerarse locales húmedos y las canalizaciones pueden tener el grado de protección IPX1. No obstante, con objeto de mejorar la instalación conviene emplear canalizaciones y armarios con el grado de protección correspondiente a las proyecciones de agua, IPX4, propio de locales mojados.

Medidas de protección frente a contactos indirectos

Las instalaciones eléctricas situadas en los volúmenes 0 y 1 cumplirán las siguientes prescripciones de seguridad:

1. Muy baja tensión de seguridad (MBTS) hasta un valor de 12 V en corriente alterna o 30V en corriente continua.

Según la ITC-BT-36 la alimentación puede realizarse mediante una de las siguientes fuentes:

- Transformador de aislamiento de seguridad, conforme a la norma UNE-EN 60742 (España. AENOR, 1996). Debe incorporar un apantallamiento metálico entre primario y secundario, puesto a tierra, que garantice, de este modo, que no exista ningún punto en común entre el circuito de utilización y de alimentación, siempre que haya un sistema de protección en el circuito primario por corte automático de la alimentación.
- Fuentes de alimentación electrónicas, en las que se han adoptado medidas para que, en caso de primer defecto, la tensión no supere los valores correspondientes a muy baja tensión.

Los transformadores de seguridad serán de aislamiento seco, con carcasa de protección, bornas protegidas y prensaestopas. Si se instalan directamente en salas de máquinas (no se alojan en armarios), las carcasas deberán tener un grado de protección mínimo IPX4. Los transformadores serán de la potencia y tensión de alimentación adecuadas a la instalación.

Las fuentes de alimentación se instalarán en el interior de armarios o envolventes, con grado de protección IPX4. Se adecuarán a las características de los receptores, en lo que se refiere a potencia, tensión de alimentación y condiciones del suministro.

Las instalaciones a MBTS cumplirán, además, los siguientes requisitos,

indicados en la ITC-BT-36:

- La separación de protección entre los conductores de cada circuito a MBTS y los de cualquier otro circuito debe ser realizada por una de las disposiciones siguientes:
 - La separación física de los conductores.
 - Los conductores de los circuitos de MBTS deben estar provistos, además de su aislamiento principal, de una cubierta no metálica.
 - Los conductores de los circuitos a tensiones diferentes, deben estar separados entre sí por una pantalla metálica conectada a tierra, o por una vaina metálica conectada a tierra.
 - Un cable multiconductor o un agrupamiento de conductores pueden contener circuitos a tensiones diferentes, siempre que los conductores de los circuitos a MBTS estén aislados, individual o colectivamente, para la tensión más alta que tienen que soportar.
- No es necesario en este tipo de instalaciones seguir las prescripciones fijadas en la instrucción ITC-BT-19 para identificación de los conductores, ni las prescripciones de la ITC-BT-06 referidas a la distancia de conductores al suelo y la separación mínima entre ellos.
- Para las instalaciones de alumbrado, la caída de tensión entre la fuente de energía y los puntos de utilización no será superior al 5%.
- Las partes activas de los circuitos de MBTS no deben ser conectadas eléctricamente a tierra, ni a partes activas, ni a conductores de protección que pertenezcan a circuitos diferentes.
- Las masas no deben conectarse intencionadamente ni a tierra, ni a conductores de protección o masas de circuitos diferentes, ni a elementos conductores. No obstante, para los equipos que, por su disposición, tengan conexiones francas a elementos conductores, la presente medida sigue siendo válida si puede asegurarse que estas partes no pueden conectarse a un potencial superior a 50 V en corriente alterna o 75 V en corriente continua.
- Si hay masas de circuitos a MBTS susceptibles de ponerse en contacto con masas de otros circuitos, la

protección contra los choques eléctricos ya no se basa en la medida exclusiva de protección para MBTS, sino en las medidas de protección correspondientes a estas últimas masas.

Actualmente, la iluminación más empleada en fuentes es mediante proyectores de tecnología led instalados en los volúmenes 0 y 1 y medida de protección a MBTS, de 12 o 24 V DC.

2. Corte automático mediante dispositivo de protección por corriente diferencial residual asignada no superior a 30 mA.

La medida de protección habitual para las bombas, tanto si se instalan en el volumen 0 (sumergidas en los vasos) o volumen 1, consiste en la protección por corte automático de la alimentación después de la aparición de un fallo mediante diferenciales de 30 mA y la puesta a tierra de las masas de las bombas. Si la bomba se instala en sala de máquinas se emplea esta misma protección, usando diferenciales como máximo de 300 mA.

Medidas de protección frente a contactos directos

Frente a contactos directos, y según se establece en la ITC-BT-24, apartado 3.1, se adoptará la protección por aislamiento de las partes activas, las cuales estarán recubiertas de un aislamiento que no pueda ser eliminado más que destruyéndolo. Esta medida se complementará con alguna de las medidas de protección frente a contactos indirectos indicadas anteriormente.

Protección contra sobreintensidades

Se emplearán interruptores automáticos magnetotérmicos de corte omnipolar, con curva térmica de corte, según la ITC-BT-22, apartado 1.1, de intensidad de corriente nominal inferior a la máxima admisible por los conductores que protege, teniendo en cuenta los valores de las tablas y los coeficientes de corrección según el tipo de instalación, establecidos en la ITC-BT-19.

Protección contra cortocircuitos

Los conductores quedarán protegidos frente a intensidades de cortocircuitos mediante el empleo de interruptores

automáticos magnetotérmicos de corte omnipolar, de poder de corte suficiente para la intensidad de cortocircuito máxima prevista, según la Instrucción ITC-BT-22, apartado 1.1.

Protección contra sobretensiones

Las instalaciones eléctricas de fuentes ornamentales según la ITC-BT-23, apartado 2.2, se clasifican como de categoría III. Según el apartado 3.1 se prevé un bajo riesgo de sobretensiones, por estar alimentadas por una red subterránea en su totalidad, y se considera suficiente la resistencia a las sobretensiones de los equipos, no requiriéndose ninguna protección suplementaria contra las sobretensiones transitorias. Según la tabla 1 de la citada instrucción, como la tensión nominal de la instalación es 230/400 V, los equipos y materiales que se empleen deben soportar 4 kV frente a una tensión a impulsos de 1,2/50 kV.

Instalación de puesta a tierra

Según la ITC-BT-18, la puesta a tierra de la instalación se establece con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas y para asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

Los conductores de tierra, o de enlace con el electrodo de puesta a tierra, serán de cobre de 35 mm². La unión entre conductores de tierra y electrodos se debe realizar mediante soldadura aluminotérmica de alto punto de fusión, o uniones metálicas especiales para puestas a tierra.

En el cuadro de mando y protección se instalará un borne principal de tierra, donde se unirá el conductor de puesta a tierra y los de protección. Se situará en lugar accesible y permitirá medir la resistencia de la toma de tierra. Será desmontable, por medio de un útil, mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

Los conductores de protección unirán eléctricamente las masas de los equipos eléctricos con el conductor de tierra. Sus secciones cumplirán con lo indicado en la tabla 2 de la ITC-BT-18.



Figura 7. Detalles instalación de alumbrado de fuentes, construidas con el REBT de 2002. (C. de la Fuente, 2018).

Sistema de cableado

Los conductores que se empleen en los volúmenes 0 y 1 deberán ser de cobre, flexibles, designación DN-K 0,6/1 KV, por ser los más adecuados para estar sumergidos en agua durante prolongados periodos de tiempo, alternados con periodos más cortos expuestos a la acción del sol, que corresponden a las operaciones de limpieza con vaciado de los vasos. Se alojarán en el interior de tubos de PVC, de polietileno o canaletas de PVC, de las secciones adecuadas, dispuestos de modo que ningún tramo de los conductores quede sin canalizar. Todas las entradas a proyectores, cajas y bombas se realizarán mediante prensaestopas, con grado de protección contra la penetración del agua IPX8 cuando se sitúen en el volumen 0 y como mínimo IPX5 si están en el volumen 1.

En la figura 7 se muestran diferentes detalles constructivos de instalaciones de iluminación de fuentes con tecnología led y en la figura 8, el plano de planta y esquema unifilar de la instalación eléctrica de una fuente, todos

ellos realizados con los requerimientos del vigente REBT.

Documentación y puesta en servicio de las instalaciones eléctricas de fuentes ornamentales

En el apartado 3 de la ITC-BT-04 se indica que:

- Para su ejecución, precisan elaboración de proyecto las nuevas instalaciones de fuentes de $P > 5$ kW (grupo n). También requieren proyecto las ampliaciones o modificaciones de importancia de las fuentes que, sin llegar a la potencia indicada (5 kW), la superan tras la ampliación o modificación.
 - Requieren memoria técnica de diseño (MTD) todas las instalaciones —sean nuevas, ampliaciones o modificaciones— de las instalaciones de fuentes de $P \leq 5$ kW.
- P = potencia prevista en la instalación, teniendo en cuenta lo estipulado en la ITC-BT-10.

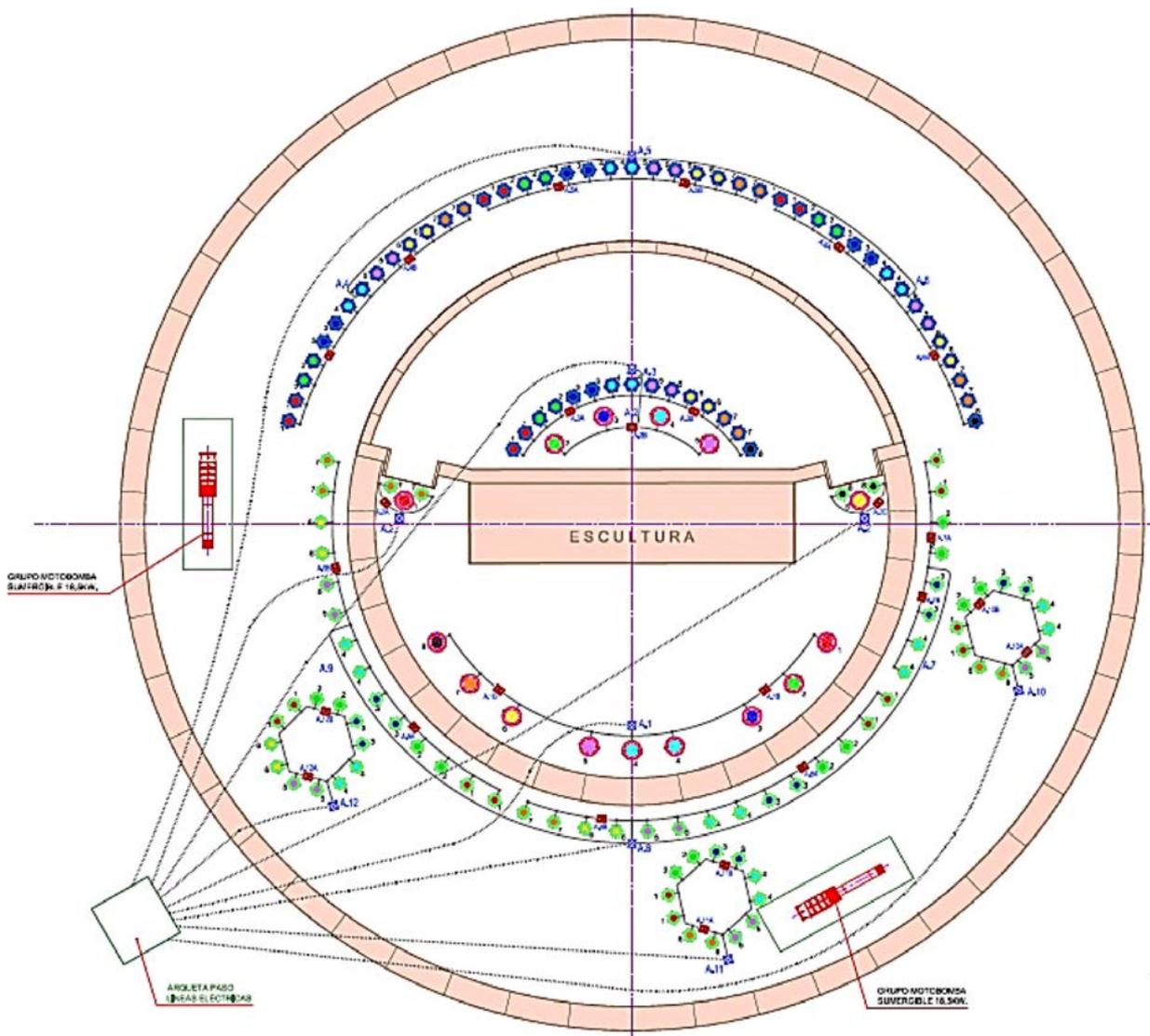
El contenido de estos documentos se detalla en la citada instrucción.

Al finalizar la instalación, y previamente a su puesta en servicio, el instalador autorizado realizará las verificaciones oportunas, según se especifica en la ITC-BT-05 y, en su caso, las que determine la dirección de obra. Según la citada instrucción, las fuentes no son objeto de inspección inicial ni periódica por organismo de control.

En la ITC-BT-04 se detallan los requisitos para la ejecución y tramitación de las instalaciones para su puesta en servicio.

Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior

Abordar el problema de la eficiencia energética y la afección sobre el medio ambiente causado por las instalaciones de alumbrado exterior dio lugar a la publicación del *Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias* (REEAE). Este reglamento no incluyó la aplicación de la tecnología led, que sí fue recogida en la *Guía técnica de aplicación*, publicada en



LEYENDA

- PROYECTOR HALOSPOT RGB DMX, 24V, 20W, LENTE WIDE (I0403 MI-R-W-DMX) 76 Uds.
- PROYECTOR HALOSPOT RGB DMX LENTE NARROW (I0403 MI-R-N-DMX) 58 Uds.
- PROYECTOR KIBELE RGB DMX LENTE MEDJUM (I0407 MI-R-M-DMX) 15 Uds.
- CAJA DE DERIVACIÓN PRIMARIA SELLADA CON RESINA REPARTO DE LINEAS
- CAJA DE DERIVACIÓN SECUNDARIA SELLADA CON RESINA
- CANALIZACIÓN EMPOTRADA

Color	Canal DMX	Longitud cable 2x2,5mm².	UDS,
	1	2,5 m.	22
	2	2,5 m.	22
	3	2,5 m.	22
	4	2,5 m.	23
	5	2,5 m.	20
	6	2,5 m.	20
	7	2,5 m.	15
	8	2,5 m.	5

mayo de 2013 (España. Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2013).

Según lo indicado en su artículo 2, el REEAE aplica a las instalaciones de alumbrado de fuentes de más de 1 kW de potencia instalada, objeto de la ITC-BT-31.

La ITC-EA-02, apartado 4, considera la iluminación de fuentes como alumbrado ornamental.

La ITC-EA-04, apartado 2, prescribe que las lámparas utilizadas en instalaciones de alumbrado vial, específico y ornamental tendrán una eficacia luminosa superior a 65 lm/W. Este requisito le cumplen los leds y las lámparas de descarga; no los cumplen las lámparas de incandescencia, por lo que para iluminar fuentes no pueden emplearse desde la entrada en vigor de este reglamento.

La ITC-EA-04, apartado 3, establece las prescripciones de las lumina-

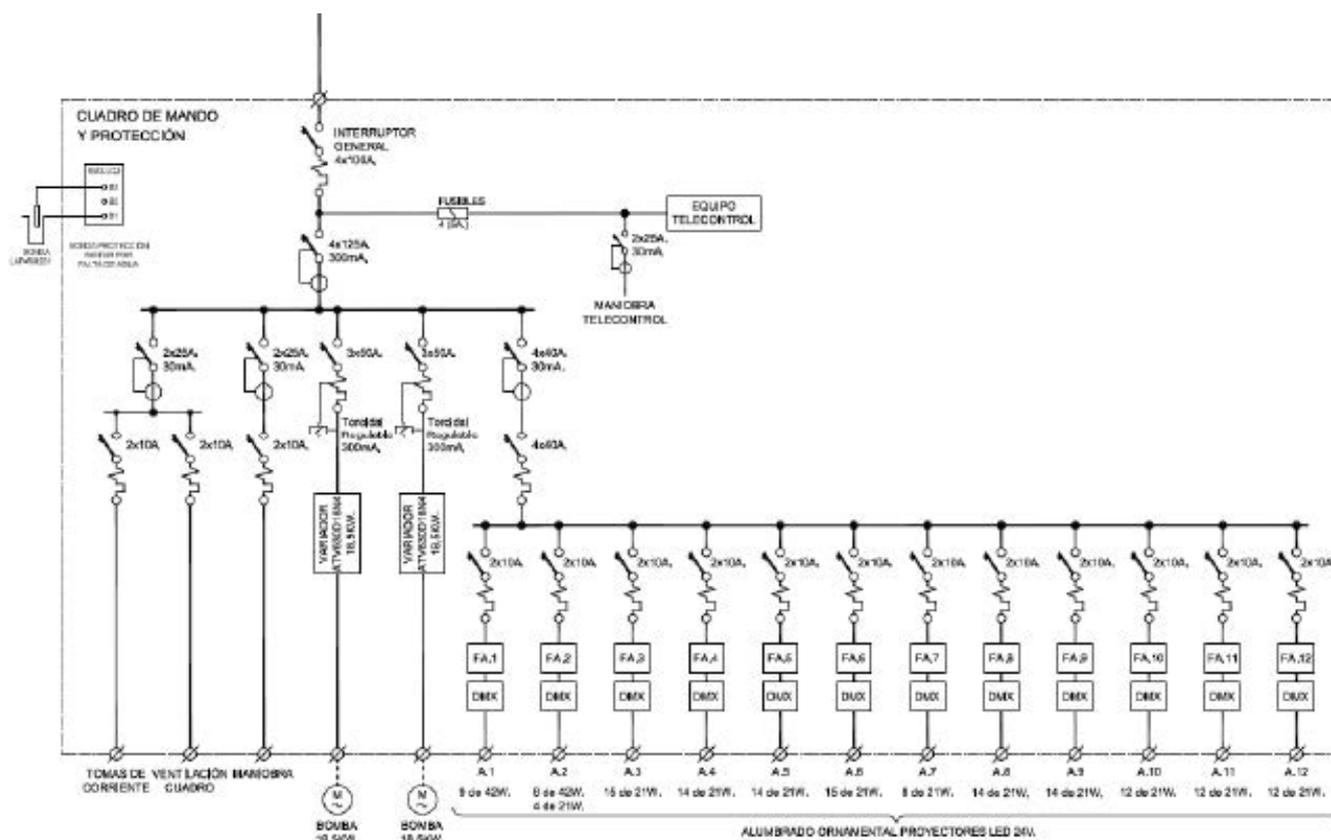


Figura 8. Plano de planta y esquema unifilar de la instalación eléctrica de una fuente, construida con el REBT de 2002.

rias y proyectores. Los que se emplean en la iluminación de fuentes, además de cumplir las normas indicadas en el apartado 3.2 de este artículo, cumplirán los siguientes requisitos:

- Rendimiento: proyectores $\geq 55\%$, luminarias $\geq 60\%$.
- Factor de utilización: proyectores $\geq 0,25\%$, luminarias $\geq 0,30\%$.

Conclusiones

La iluminación de las fuentes ornamentales mediante tecnología led, siguiendo las directrices y especificaciones desarrolladas en el presente artículo, dará como resultado una correcta iluminación de las mismas, lo que permitirá potenciar los efectos producidos por el movimiento del agua, apreciar los componentes y características constructivas de los vasos y de los elementos escultóricos y/o arquitectónicos que la integran, además de resaltarla frente a la iluminación viaria o ambiental presente en su entorno.

Por otro lado, si la ejecución de la instalación eléctrica y de iluminación

se realiza cumpliendo con las exigencias normativas y de seguridad indicadas en lo largo del artículo, se garantiza cumplir con las prescripciones a las que obligan los distintos reglamentos y normas de aplicación.

Bibliografía

Cavaller, F., 2010. *La influencia o importancia de la temperatura de los led. Resumen de las ponencias presentadas en la 1ª jornada técnica sobre leds*. Madrid: s.n.

Cei, IDAE, s.f. *Requerimientos técnicos exigibles para luminarias con tecnología led de alumbrado exterior*. [En línea] Available at: https://www.ceisp.com/fileadmin/Documentacion_IDAE/Requerimientos_tecnicos_exigibles_V6-Mayo_2018.pdf [Último acceso: 1 abril 2020].

De la Fuente Borreguero, C., 2019. Fuentes y estanques ornamentales. Directrices y especificaciones de proyecto y construcción. *Técnica Industrial*, diciembre, pp. 56-63. DOI: /TIFrontal/a-10349-fuentes-estanques-ornamentales--directrices-especificaciones-proyecto-construccion.aspx.

España. AENOR, 1996. *UNE-EN 60742:1996. Transformadores de separación de circuitos y transformadores de seguridad. Requisitos* s.l.:s.n.

España. AENOR, 2015. *UNE-EN 61347-2-13:2015. Dispositivos de control de lámpara. Parte 2-13. Requisitos particulares para dispositivos de control electrónicos alimentados con corriente continua o corriente alterna para módulos LED* s.l.:s.n.

España. AENOR, 2015. *UNE-EN 62031:2009. Módulos LED para alumbrado general. Requisitos de seguridad*. s.l.:s.n.

España. Ministerio de Ciencia y Tecnología, 2002. *Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT 01 a BT 51. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto*. [En línea] Disponible en: http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/Si_ambito.aspx?id_am=76

España. Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, 2020. *Guía Técnica de aplicación al reglamento electrotécnico de baja tensión*. [En línea] Disponible en: http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/rebt_guia.aspx [Último acceso: 4 abril 2020].

España. Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2013. *Guía Técnica de Aplicación REEA*. [En línea] Disponible en: http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/Si_Ambito.aspx?id_am=100086 [Último acceso: abril 5 2020].

España. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2008. *Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07. Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre*. [En línea] Disponible en: http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/Si_Ambito.aspx?id_am=100086 [Último acceso: 3 abril 2020].

Safe Rain, s.f. [En línea] Disponible en: <http://www.saferain.com/es/fuentes-ornamentales/iluminacion-de-fuentes/focos-led-sumergibles/foco-ocean.html> [Último acceso: 8 abril 2020].

Técnica Industrial, fundada en 1952 y editada por la Fundación Técnica Industrial, se define como una publicación técnica de periodicidad cuatrimestral en el ámbito de la ingeniería industrial. Publica tres números al año (marzo, julio y noviembre) y tiene una versión digital accesible en www.tecnicaindustrial.es. Los contenidos de la revista se estructuran en torno a un núcleo principal de artículos técnicos relacionados con la ingeniería, la industria y la innovación, que se complementa con información de la actualidad científica y tecnológica y otros contenidos de carácter profesional y humanístico.

Técnica Industrial. Revista de Ingeniería, Industria e Innovación pretende ser eco y proyección del progreso de la ingeniería industrial en España y Latinoamérica, y, para ello, impulsa la excelencia editorial tanto en su versión impresa como en la digital. Para garantizar la calidad de los artículos técnicos, su publicación está sometida a un riguroso sistema de revisión por pares (*peer review*). La revista asume las directrices para la edición de revistas científicas de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (Fecyt) y las del International Council of Scientific Unions (ICSU), con el fin de facilitar su indización en las principales bases de datos y ofrecer así la máxima visibilidad y el mayor impacto científico de los artículos y sus autores.

Técnica Industrial considerará preferentemente para su publicación los trabajos más innovadores relacionados con la ingeniería industrial. Todos los artículos técnicos remitidos deben ser originales, inéditos y rigurosos, y no deben haber sido enviados simultáneamente a otras publicaciones. Sus autores son los únicos responsables de las afirmaciones vertidas en los artículos. Todos los originales aceptados quedan como propiedad permanente de *Técnica Industrial*, y no podrán ser reproducidos en parte o totalmente sin su permiso. El autor cede, en el supuesto de publicación de su trabajo, de forma exclusiva a la Fundación Técnica Industrial, los derechos de reproducción, distribución, traducción y comunicación pública (por cualquier medio o soporte sonoro, audiovisual o electrónico) de su trabajo.

Tipos de artículos La revista publica artículos originales (artículos de investigación que hagan alguna aportación teórica o práctica en el ámbito de la revista), de revisión (artículos que divulguen las principales aportaciones sobre un tema determinado), de innovación (artículos que expongan nuevos procesos, métodos o aplicaciones o bien aporten nuevos datos técnicos en el ámbito de la ingeniería industrial) y de opinión (comentarios e ideas sobre algún asunto relacionado con la ingeniería industrial). Además, publica un quinto tipo de artículos, el dossier, un trabajo de revisión sobre un tema de interés encargado por la revista a expertos en la materia.

Redacción y estilo El texto debe ser claro y ajustarse a las normas convencionales de redacción y estilo de textos técnicos y científicos. Se recomienda la redacción en impersonal. Los autores evitarán el abuso de expresiones matemáticas y el lenguaje muy especializado, para así facilitar la comprensión de los no expertos en la materia. Las mayúsculas, negritas, cursivas, comillas y demás recursos tipográficos se usarán con moderación, así como las siglas (para evitar la repetición excesiva de un término de varias palabras se podrá utilizar una sigla a modo de abreviatura, poniendo entre paréntesis la abreviatura la primera vez que aparezca en el texto). Las unidades de medida utilizadas y sus abreviaturas serán siempre las del sistema internacional (SI).

Estructura Los trabajos constarán de tres partes diferenciadas:

1. Presentación y datos de los autores. El envío de artículos debe hacerse con una carta (o correo electrónico) de presentación que contenga lo siguiente: 1.1 Título del artículo; 1.2 Tipo de artículo (original, revisión, innovación y opinión); 1.3 Breve explicación del interés del mismo; 1.4 Código Unesco de cuatro dígitos del área de conocimiento en la que se incluye el artículo para facilitar su revisión (en la página web de la revista figuran estos códigos); 1.5 Nombre completo, correo electrónico y breve perfil profesional de todos los autores (titulación y posición laboral actual, en una extensión máxima de 300 caracteres con espacios); 1.6 Datos de contacto del autor principal o de correspondencia (nombre completo, dirección postal, correo electrónico, teléfonos y otros datos que se consideren necesarios). 1.7 La cesión de los derechos al editor de la revista. 1.8 La aceptación de estas normas de publicación por parte de los autores.

2. Texto. En la primera página se incluirá el título (máximo 60 caracteres con espacios), resumen (máximo 250 palabras) y 4-8 palabras clave. Se recomienda que el título, el resumen y las palabras clave vayan también en inglés. Los artículos originales deberán ajustarse en lo posible a esta es-

tructura: introducción, material y métodos, resultados, discusión y/o conclusiones, que puede reproducirse también en el resumen. En los artículos de revisión, innovación y opinión se pueden definir los apartados como mejor convenga, procurando distribuir la información entre ellos de forma coherente y proporcionada. Se recomienda numerar los apartados y subapartados (máximo tres niveles: 1, 1.2, 1.2.3) y denominarlos de forma breve.

1.1 Introducción. No debe ser muy extensa pero debe proporcionar la información necesaria para que el lector pueda comprender el texto que sigue a continuación. En la introducción no son necesarias tablas ni figuras.

1.2 Métodos. Debe proporcionar los detalles suficientes para que una experiencia determinada pueda repetirse.

1.3 Resultados. Es el relato objetivo (no la interpretación) de las observaciones efectuadas con el método empleado. Estos datos se expondrán en el texto con el complemento de las tablas y las figuras.

1.4 Discusión y/o conclusiones. Los autores exponen aquí sus propias reflexiones sobre el tema y el trabajo, sus aplicaciones, limitaciones del estudio, líneas futuras de investigación, etcétera.

1.5 Agradecimientos. Cuando se considere necesario se citará a las personas o instituciones que hayan colaborado o apoyado la realización de este trabajo. Si existen implicaciones comerciales también deben figurar en este apartado.

1.6 Bibliografía. Las referencias bibliográficas deben comprobarse con los documentos originales, indicando siempre las páginas inicial y final. La exactitud de estas referencias es responsabilidad exclusiva de los autores. La revista adopta el sistema autor-año o estilo Harvard de citas para referenciar una fuente dentro del texto, indicando entre paréntesis el apellido del autor y el año (Apple, 2000); si se menciona más de una obra publicada en el mismo año por los mismos autores, se añade una letra minúscula al año como ordinal (2000a, 2000b, etcétera). La relación de todas las referencias bibliográficas se hará por orden alfabético al final del artículo de acuerdo con estas normas y ejemplos:

1.6.1 Artículo de revista: García Arenilla I, Aguayo González F, Lama Ruiz JR, Soltero Sánchez VM (2010). Diseño y desarrollo de interfaz multifuncional holónica para audioguía de ciudades. *Técnica Industrial* 289: 34-45.

1.6.2 Libro: Roldán Vilorio J (2010). *Motores trifásicos. Características, cálculos y aplicaciones*. Paraninfo, Madrid. ISBN 978-84-283-3202-6.

1.6.3 Material electrónico: Anglia Ruskin University (2008). University Library. Guide to the Harvard Style of Referencing. Disponible en: http://libweb.anglia.ac.uk/referencing/files/Harvard_referencing.pdf. (Consultado el 1 de diciembre de 2010).

3. Tablas y figuras. Deben incluirse solo las tablas y figuras imprescindibles (se recomienda que no sean más de una docena). Las fotografías, gráficas e ilustraciones se consideran figuras y se referenciarán como tales. El autor garantiza, bajo su responsabilidad, que las tablas y figuras son originales y de su propiedad. Todas deben ir numeradas, referenciadas en el artículo (ejemplo: tabla 1, figura 1, etc.) y acompañadas de un título explicativo. Las figuras deben ser de alta resolución (300 ppp), y sus números y leyendas de un tamaño adecuado para su lectura e interpretación. Con independencia de que vayan insertas en el documento del texto, cada figura debe remitirse, además, en un fichero aparte con la figura en su formato original para que puedan ser editados los textos y otros elementos.

Extensión Para los artículos originales, de revisión y de innovación, se recomienda que la extensión del texto no exceda las 15 páginas de 30 líneas a doble espacio (letra Times de 12 puntos; unas 5.500 palabras, 32.000 caracteres con espacios). No se publicarán artículos por entregas.

Entrega Los autores remitirán sus artículos a través del enlace *Envío de artículos* de la página web de la revista (utilizando el formulario de envío de artículos técnicos), en el que figuran todos los requisitos y campos que se deben rellenar; de forma alternativa, se pueden enviar al correo electrónico cogiti@cogiti.es. Los autores deben conservar los originales de sus trabajos, pues el material remitido para su publicación no será devuelto. La revista acusará recibo de los trabajos remitidos e informará de su posterior aceptación o rechazo, y se reserva el derecho de acortar y editar los artículos.

Técnica Industrial no asume necesariamente las opiniones de los textos firmados y se reserva el derecho de publicar cualquiera de los trabajos y textos remitidos (informes técnicos, tribunas, información de colegios y cartas al director), así como el de resumirlos o extraerlos cuando lo considere oportuno. Los autores de las colaboraciones garantizan, bajo su responsabilidad, que las fotos, tablas y figuras son originales y de su propiedad.

Mejora de la trazabilidad del proceso de homologación de vehículos ferroviarios: metodología y caso de aplicación

Improvement of the homologation traceability process for railway vehicles: methodology and case of application

Matthias Daniel Escrivá-García¹, Lina Montuori²

Resumen

De acuerdo con el Reglamento de Ejecución UE/2018/545 de 4 de abril de 2018 y con arreglo a la Directiva UE/2016/797, los vehículos ferroviarios tienen que cumplir con las disposiciones prácticas relativas a la autorización de puesta en el mercado de un vehículo. Debido a esta necesidad, las empresas operadoras, junto con los fabricantes, han implementado internamente en los últimos años procesos de homologación con el fin de reducir la duración y el coste del proceso de autorización de vehículos. Los sistemas informativos han demostrado ser herramientas valiosas para la gestión de las solicitudes de homologación de los vehículos ferroviarios y sus componentes. Sin embargo, todavía es necesario un esfuerzo importante de cara a estandarizar un proceso que garantice que un cierto tipo de vehículo sigue cumpliendo los requisitos a lo largo del tiempo y que cualquier modificación de su diseño básico queda reflejada como una nueva variante. En este marco, el presente artículo propone un procedimiento de mejora para la homologación de un vehículo ferroviario y sus subsistemas de material rodante. La metodología desarrollada ha sido aplicada al caso real de la empresa Stadler Valencia, líder en el sector de la fabricación de material rodante ferroviario. A partir de los resultados obtenidos, se han podido identificar las criticidades que afectan a la trazabilidad del proceso de homologación, proponiéndose una novedosa metodología para llevarlo a cabo de manera sistemática y con una interoperabilidad adecuada entre sistemas.

Palabras clave

Homologación; vehículos ferroviarios; metodología; interoperabilidad; trazabilidad; mejora.

Abstract

According to the EU/2018/545 Directive of April 4, 2018 and to the EU /2016/797, railway vehicles have to comply with the practical provisions regarding the authorization for the introduction of the vehicle into the market. Due to this need, in recent years, operators and manufacturers have internally implemented approval processes in order to reduce time and cost related to the vehicle authorization process. IT systems have proven to be valuable tools to support the management of approval procedures for railway vehicles. However, significant efforts are still required to standardize the process in order to ensure that vehicles meet the requirements over time and that any modification regarding the basic design are classified as a new variant. Within this framework, this article proposes an improvement procedure for the approval of a railway vehicle and its rolling stock subsystems. The methodology has been applied to the real case of the Stadler factory in Valencia, which is a leader company in the sector of manufacturing of railway vehicles and rolling stock. The results achieved have allowed to identify the critical issues that affect the traceability process and to implement a new and consistent methodology that represents a significant improvement in the homologation of railway vehicles, as well as a novel contribution for the vehicle interoperability process.

Keywords

Homologation; railway vehicles; methodology; interoperability; traceability; improvement

Recibido / received: 24/07/2020. Aceptado / accepted: 22/09/2020.

1. Universitat Politècnica de València, Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño, Camino de Vera, s/n, edificio 7B, 46022 Valencia (España). E-mail: matesgar@etsid.upv.es.

2. Universitat Politècnica de València, Departamento de Termodinámica Aplicada, Camino de Vera, s/n, edificio 5J, 2ª planta. 46022 Valencia (España). Autor para correspondencia: Lina Montuori. E-mail: lmontuori@upvnet.upv.es.



Foto: Shutterstock.

Introducción

La homologación, dentro del sector ferroviario, es un proceso largo y minucioso, pero imprescindible para que los vehículos diseñados puedan circular debidamente (Boletín Oficial del Estado, 2009). Las Leyes de Interoperabilidad Europea (Boletín Oficial del Estado, 2016; Boletín Oficial del Estado, 2008), a pesar de continuar en desarrollo hoy en día, han sufrido una evolución importante desde la creación de la primera Directiva sobre Interoperabilidad en 1996 -Directiva 96/48/EC- (Consejo de la Unión Europea, 1996). En el ámbito de la interoperabilidad ferroviaria europea, el proceso de homologación se lleva a cabo a través de diferentes documentos.

En primer lugar, el expediente técnico, que reúne toda la información sobre las características de los sistemas o subsistemas evaluados. Entre ellos, se encuentran los elementos que prueban la conformidad de los componentes de interoperabilidad, las condiciones y limitaciones de uso y las instrucciones de conservación, de observación, de reglaje y de mantenimiento (Boletín Oficial del Estado, 2009).

Para llevar a cabo dicho proceso de forma coherente, es importante que la locomotora y el material rodante estén diseñados de acuerdo con la ley de interoperabilidad, así como con el conjunto de textos conocidos como especificaciones técnicas de interoperabilidad (ETI), los cuales dictan los requisitos técnicos que debe cumplir el vehículo. Los componentes de interoperabilidad son todos y cada uno de los requisitos técnicos definidos en la sección 4.2 de la ETI correspondiente (Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 2002).

Por otro lado, los componentes tienen que disponer de los certificados de verificación CE para poder comprobar y certificar que un elemento ha sido producido de acuerdo con las ETI correspondientes (Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 2002).

Por último, en la sección 7.1.2.2 de la ETI de Locomotoras y Material Rodante de Viajeros ETI LOC&PAS (Diario Oficial de la Unión Europea, 2014) se presentan los requisitos técnicos que constituyen las características básicas de diseño. Para llevar a cabo el proceso de homologación, es imprescindible que las empresas lleven a cabo una trazabilidad interna

sobre la documentación, que debe ser eficiente y rigurosa. En este marco, este artículo presenta un nuevo procedimiento sistemático para la mejora del proceso de trazabilidad de la homologación en sector ferroviario. El artículo concluye con la aplicación de la metodología que se presenta en la empresa Stadler Valencia (STAV).

Metodología de mejora

La nueva metodología que se presenta en este artículo se muestra esquemáticamente en la figura 1 y cuenta con 7 etapas fundamentales de desarrollo. La primera etapa es la identificación del proceso que se pretende mejorar. Esta identificación se lleva a cabo a través del análisis del entorno externo y del entorno interno a través del análisis DAFO (debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades). Este es un método muy conocido y tiene una gran efectividad a la hora de analizar una empresa o sus factores específicos (Fine, 2009). Este análisis permite realizar un diagnóstico inicial fiable del proceso que se pretende llevar a cabo, facilitando de forma sencilla el tratamiento de información sobre factores internos y externos que actúan en el proceso.

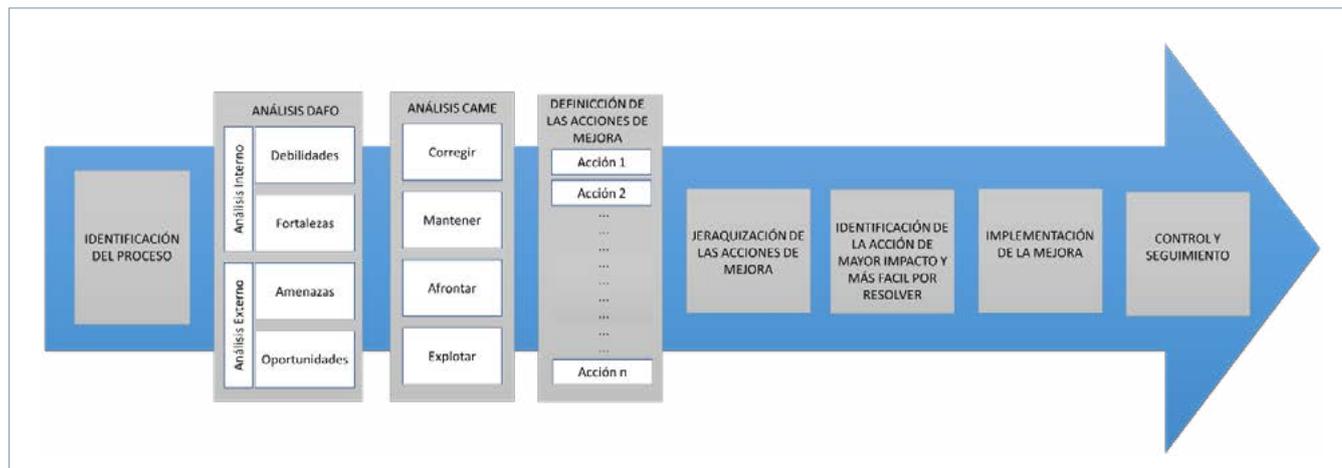


Figura 1. Metodología de mejora de un proceso.

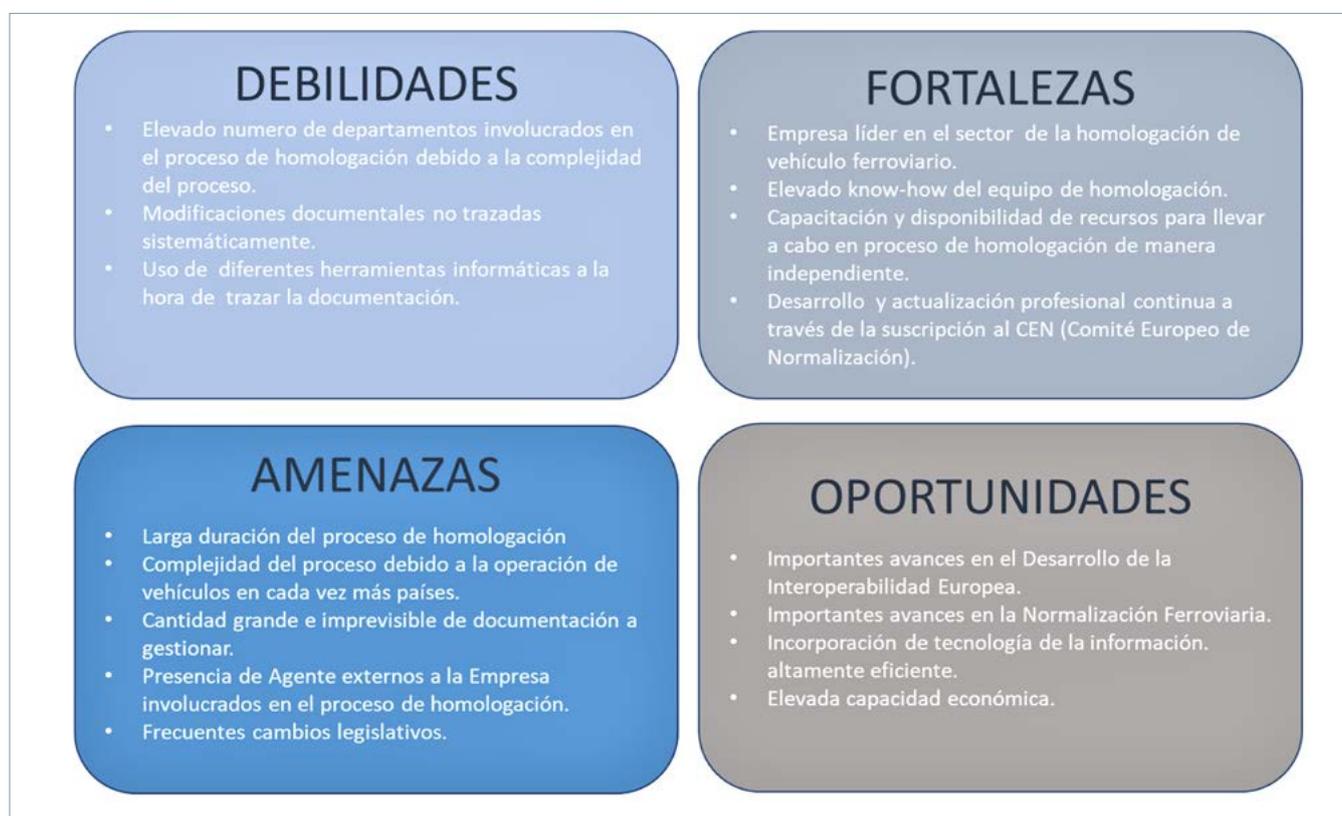


Figura 2. Matriz DAFO de la trazabilidad del proceso de homologación.

En cuanto a factores internos, el análisis DAFO permite identificar debilidades y fortalezas, mientras que, a partir de los factores externos al proceso, se centra en señalar las oportunidades y las amenazas que influyen en el entorno del proceso. Una vez que el análisis DAFO se ha llevado a cabo, la segunda fase se centra en la realización de un análisis a través de la metodología CAME (Ancín, 2018). A partir de los resultados obtenidos a

través del análisis DAFO, se definen las posibles acciones CAME para: corregir las debilidades, afrontar las amenazas, mantener las fortalezas y explotar las oportunidades.

La siguiente fase se centra en la priorización de los factores internos (debilidades y fortalezas) y externos (amenazas y oportunidades) de mercado a través del análisis DAFO en relación con las acciones propuestas, aplicando la metodología CAME. En

esta etapa de la metodología se utiliza la matriz de priorización propuesta por Alcázar-Ortega et al., 2015. Es una valiosa herramienta que permite jerarquizar los factores en función del nivel de impacto sobre el proceso (más y menos críticos), relacionándolos con el nivel de dificultad de implementación de la acción (más y menos fácil de resolver). A continuación, se procede a la implementación de la mejora sobre el factor más crítico y

con resolución más fácil. La última fase es la de control y seguimiento de la mejora realizada. Esta es una metodología cíclica que, aplicación tras aplicación, puede producir una mejora en procesos de diferente naturaleza (productivos, operativos, etc.) y que se llevan a cabo en una empresa.

Caso de aplicación

La metodología descrita anteriormente ha sido aplicada en el proceso de fabricación de vehículos ferroviarios diseñados por la empresa Stadler Valencia (Stadler Valencia, 2020). En particular, se ha aplicado a la locomotora de seis ejes modelo EURO-DUAL. Se trata de una locomotora de nueva generación basada en una plataforma híbrida que incorpora dos soluciones en una: una locomotora eléctrica equipada, además, con un motor diésel para circular por todo tipo de vías (Stadler Rail Group, 2017). La locomotora EURO-DUAL ha sido reconocida internacionalmente como una revolución innovadora del transporte ferroviario. Esta locomotora cumple plenamente con los requisitos europeos de interoperabilidad ETI (Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 2002) y de seguridad y eficiencia, incluidos los estándares de seguridad ETCS European Train Control System (UIC, The Worldwide Railway Organisation, 2015). En este marco, la aplicación de la metodología diseñada a este caso práctico permite agilizar el proceso de homologación de dicha locomotora, introduciendo una mejora en la trazabilidad del proceso.

El objetivo que se persigue mediante la aplicación de esta metodología es mejorar el proceso de trazabilidad del proceso de homologación de vehículos ferroviarios. Para lograrlo, a través de análisis DAFO, se han detectado las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades que afectan al proceso de homologación de forma interna y externa. La matriz resultante del análisis DAFO se representa en la figura 2. Como resultado, el análisis DAFO ha arrojado los siguientes resultados:

Debilidades

1) *Elevado número de departamentos involucrados en el proceso de homologación debido a la complejidad del proceso.*

Para poder llevar a cabo adecuadamente el proceso de homologación, dada su complejidad, Stadler Valencia involucra a un gran número de departamentos a diferentes niveles, los cuales monitorizan y organizan la documentación de la homologación.

2) *Modificaciones documentales difíciles de trazar sistemáticamente.* Debido al gran volumen de documentación, muchos departamentos tienen dificultad en organizar la información relativa al proceso de homologación, de acuerdo con criterios de trazabilidad. Esto puede significar mucho más trabajo para el equipo de Certificación y Seguridad (C&S), responsable del proceso de homologación, a la hora de emitir oficialmente los documentos al cliente final, de clasificar las modificaciones según el criterio establecido por la Agencia de Ferrocarriles de la Unión Europea (ERA) (Agencia de la Unión Europea, 2019) y de decidir si la modificación requiere una nueva autorización.

3) *Uso de diferentes herramientas informáticas a la hora de trazar la documentación.* Las herramientas informáticas de soporte son muchas y diferentes y no utilizan patrones comunes en los diferentes grupos de trabajo.

Amenazas

1) *Larga duración del proceso de homologación.* La autorización de puesta en servicio de un vehículo necesita muchos años de trabajo para ser obtenida (Fernández, 2018). Esto tiene un impacto en el proceso de homologación, ya que la gran cantidad de documentos generados a lo largo del tiempo dificulta la trazabilidad del proceso. Esto se debe a que estos documentos podrían no ser leídos ni editados en mucho tiempo, lo cual incrementa el riesgo de pérdida de información.

2) *Imprevisible y gran cantidad de documentos a gestionar.* Esta amenaza está relacionada con el gran volumen de documentos de justificación y certificación que se necesitan, además de la exigencia de realizar ensayos con sus correspondientes informes y verificaciones de conformidad (Fernández, 2018).

3) *Agentes externos a la empresa involucrados en el proceso de homologación.* STAV depende de organismos externos para la emisión de certificados.

Esto significa que no solo se debe conseguir la conformidad del cliente, sino que, además, un organismo externo debe emitir certificados de verificación que indiquen que todos los requisitos se cumplen.

4) *Complejidad del proceso debido a la operación de los vehículos en cada vez más países.* El proceso de homologación depende de la infraestructura de destino. Hoy en día, a pesar del desarrollo de la interoperabilidad, sigue existiendo una gran variedad de infraestructuras. En particular, se dispone de distintos sistemas de gestión de contenidos (CMS) entre la vía y el vehículo, lo que significa que los sistemas instalados a bordo deben cumplir con los requisitos de cada infraestructura por la que el tren va a circular.

5) *Frecuentes cambios legislativos.* Los cambios en la legislación conllevan una continua adaptación del diseño del vehículo conforme a los distintos requisitos exigidos por las autoridades competentes. Esto afecta al proceso de homologación, por lo que STAV debe poner especial atención a las modificaciones legales aplicables a cada proyecto.

Fortalezas

1) Empresa líder en el sector de la homologación de vehículos ferroviarios. STAV cuenta con años de experiencia homologando vehículos en diferentes países, lo cual genera confianza y proporciona ciertas ventajas a la hora de obtener la autorización de puesta en servicio.

2) Desarrollo y actualización profesional continua a través de la suscripción al CEN (Comité Europeo de Normalización). STAV dispone de una suscripción al Comité Europeo de Normalización, el cual proporciona todas las normas aplicables a infraestructuras ferroviarias actualizadas, así como un seguimiento de las modificaciones que se realizan.

3) Capacitación y disponibilidad de recursos para llevar a cabo el proceso de homologación de manera independiente. STAV es capaz de realizar todo el proceso de homologación sin depender de otras sucursales o de otras divisiones. Esto facilita el proceso de obtención de la autorización de puesta en servicio, dado que la mayoría de los proyectos se asignan

Impacto	5	Muy alta	5	10	15	20	25
	4	Alta	4	8	12	16	20
	3	Media	3	6	9	12	15
	2	Baja	2	4	6	8	10
	1	Muy baja	1	2	3	4	5
Matriz de pesos			Muy difícil	Difícil	Media	Fácil	Muy fácil
			1	2	3	4	5
			Dificultad de resolución				

Tabla 1. Matriz de pesos.

solamente a una sucursal, por lo que mejora así la trazabilidad.

4) Elevado *know-how* del equipo de homologación. STAV dispone de ingenieros de homologación con un elevado *know-how* y años de experiencia, tanto en el sector ferroviario como en la parte de homologación.

Oportunidades

1) Importantes avances en el desarrollo de la interoperabilidad europea. En los últimos años, se ha ido desarrollando la interoperabilidad del sector ferroviario en el mercado europeo, lo cual facilita enormemente el proceso de obtención de la autorización de puesta en servicio, sobre todo cuando se trata de vehículos diseñados para circular en varios estados miembros de la Unión Europea.

2) Elevada capacidad económica. STAV dispone de recursos económicos suficientes para realizar, junto con el proceso de homologación para conseguir la autorización de puesta en servicio, el proceso de obtención de autorización de puesta en el mercado, lo cual le permite participar en más ofertas y ganar experiencia, a partir de la que se introducen mejoras en el proceso de homologación, así como en el sistema de trazabilidad.

3) Importantes avances en la normalización ferroviaria. La normalización ferroviaria está cada vez más desarrollada, lo que reduce la cantidad de documentos que hay que presentar durante el proceso de homologación, así como el tiempo requerido para completar el proceso, por lo que se mejora notablemente la trazabilidad.

4) Incorporación de tecnología de la información. STAV dispone de un sistema ERP y de otras herramientas

informáticas para gestionar el proceso de homologación que impactan en la gestión mejorando su trazabilidad.

La siguiente fase de la metodología consiste en llevar a cabo el análisis CAME, el cual ha sido realizado en colaboración con los diferentes departamentos de la empresa implicados en el proceso de homologación. El análisis ha sido enfocado solo hacia las debilidades detectadas, que son las siguientes:

Debilidad 1: elevado número de departamentos involucrados en el proceso de homologación debido a la complejidad del proceso.

- Acción D1.1: fomentar el uso correcto de las herramientas que contribuyen a la trazabilidad de la información (SAP, DOORS, I+DOC, códigos y versiones, etc.).
- Acción D1.2: realización de reuniones semanales/mensuales para comprobar que toda la información que se ha generado o modificado se ha organizado correctamente y es trazable según el sistema de STAV.

Debilidad 2: modificaciones documentales difíciles de trazar sistemáticamente.

- Acción D2.1: diseño de un proceso que obligue al personal de ingeniería a trazar las modificaciones que se hacen en los documentos creados, incluyendo información detallada para que el personal de otros grupos pueda entender el cambio realizado.
- Acción D2.2: realización de reuniones periódicas (semanales o mensuales) para promover la co-

municación entre grupos.

- Acción D2.3: diseño de una guía/manual sobre cómo clasificar un cambio realizado según el Reglamento UE 2018/545 Art. 15(1) con el fin de que pueda ser usado por personal ajeno al equipo de C&S.
- Acción D2.4: diseño de un proceso para que el equipo de C&S clasifique los cambios que se realizan en los documentos según el Reglamento UE 2018/545 Art. 15(1).

Debilidades 3: uso de herramientas informáticas diferentes a la hora de trazar la documentación.

- Acción D3.1: fomentar el uso correcto de las herramientas que contribuyen a la trazabilidad de la información en STAV mediante el diseño de procesos a seguir a la hora de generar o modificar documentos.
- Acción D3.2: realización de reuniones semanales/mensuales para comprobar que toda la información generada o modificada se ha guardado en los programas correspondientes y se ha usado el *software* requerido para cada acción según el proceso de trazabilidad de STAV.

Las reuniones planteadas en las diferentes acciones no supondrán ninguna ralentización en el proceso de homologación, ya que serán planificadas de forma coordinada entre las partes involucradas en el proceso y mejorarán la eficacia de la comunicación al simplificar los procesos necesarios para llevarla a cabo.

Finalmente, gracias a la matriz de priorización (Alcázar-Ortega et



Figura 3. Diagrama de intercambio de información antes del manual para la clasificación de las modificaciones.



Figura 4. Diagrama de intercambio de información después del manual para la clasificación de las modificaciones.

al., 2015) se consigue jerarquizar las acciones previamente identificadas. Esta matriz de pesos se representa en la tabla 1. En esta matriz, de acuerdo con la escala numérica adoptada, se distinguen las acciones de acuerdo con su prioridad y a su facilidad de resolución.

Cabe destacar que la asignación de los diferentes pesos no depende de un criterio cualquiera: se debe llevar a cabo a partir de un profundo análisis del proceso de homologación en el sector ferroviario basado en encuestas y consultas entre los ingenieros de homologación y expertos en el sector.

Resultados

El análisis llevado a cabo ha permitido identificar la mejora que implementar. La acción CAME de mayor prioridad responde a los siguientes criterios de elección:

- Mayor impacto sobre la trazabilidad del proceso de homologación.
- Menor dificultad de realización e implementación para la empresa.

Los resultados obtenidos han evidenciado que la debilidad que hay que corregir en primer lugar debe ser la debilidad 2: “modificaciones documentales difícil de trazar sistemáticamente”. Esta debilidad, de tipo organizativo, va a ser corregida a través de la siguiente acción CAME:

- Acción D2.3: diseño de una guía/manual sobre cómo clasificar un cambio realizado según el Reglamento UE 2018/545 Art. 15(1).

Con el fin de implementar esta mejora, se ha procedido a redactar un manual dirigido a todo el personal de la empresa. En él se explica de manera sencilla y visual los pasos

que hay que seguir cuando se realiza una modificación en el diseño de un vehículo. La ley de interoperabilidad europea describe unas pautas que no solo pretenden facilitar la circulación de material rodante ferroviario en el ámbito transeuropeo, sino que también pretenden acortar y facilitar el proceso de homologación. A través de la acción de mejora D2.3, se van a clasificar las modificaciones de diseño según el apartado 1 del Artículo 15 del Reglamento de Ejecución UE 2018/545 (EUAR, 2018). El nuevo criterio de actuación introducido a través del manual está restringido a las modificaciones en el diseño del vehículo. Es decir, cualquier modificación realizada en las instrucciones de observación, de reglaje y de mantenimiento del vehículo queda excluida. La introducción de este manual ha producido diferentes efectos beneficiosos en la gestión del proce-

so, ya que no solo facilita el trabajo de los ingenieros de homologación, sino que también mejora la trazabilidad del proceso de homologación al reducir la cantidad de agentes involucrados a la hora de gestionar la información acerca de modificaciones de diseño (Figs. 3 y 4).

Gracias a la implantación de este manual, a la hora de gestionar una modificación de diseño, el personal que no está directamente involucrado es adecuadamente informado y formado acerca del proceso de trazabilidad que llevar a cabo para redactar la documentación de acuerdo con la regulación vigente. Esto facilita el trabajo del equipo de C&S, responsable del proceso, y aumenta su eficiencia, que resulta más lineal al involucrar a un menor número de agentes.

Discusión y conclusiones

Este artículo presenta una metodología innovadora para la mejora del proceso de homologación de un vehículo ferroviario, la cual ha sido validada mediante un caso real en la empresa Stadler Valencia, donde se ha utilizado para mejorar el proceso de trazabilidad. Este método es eficaz y representa una importante mejora en el proceso de homologación y autorización de los vehículos ferroviarios en Europa. El análisis ha evidenciado que la trazabilidad en el proceso de homologación está muy influida por factores organizativos y legislativos. La utilización del manual que se ha propuesto como resultado del estudio facilita que las modificaciones realizadas diariamente en los documentos puedan ser trazadas por los ingenieros de homologación, proporcionando toda la información necesaria desde el principio hasta el fin del proceso de desarrollo de cada documento. Por tanto, la introducción del nuevo criterio de clasificación de las modificaciones de diseño junto con el manual mejoran considerablemente la trazabilidad del proceso. De este modo, se aumenta la capacidad del equipo de homologación y se mejora su eficiencia. Gracias a la informa-

ción obtenida mediante el análisis de los factores internos y externos que afectan al proceso de homologación, se han identificado las barreras más significativas del proceso de trazabilidad (larga duración del proceso, frecuentes cambios legislativos, elevado número de agentes externos involucrados en el proceso, etc.).

Respecto a la aplicación de la metodología a Stadler Valencia, hay que tener en cuenta que esta planta actúa como una empresa independiente a nivel organizativo con respecto a otras filiales del grupo Stadler Rail. En consecuencia, los cambios de propietario que ha experimentado la factoría durante la transición (Alstom, Vossloh y Stadler) resultan insignificantes con respecto a los cambios originados por los cambios normativos y de las leyes de interoperabilidad en lo que al proceso de homologación se refiere.

Por otro lado, la metodología llevada a cabo ha implicado un cambio importante en la comunicación entre los ingenieros de homologación y los ingenieros encargados del diseño, lo que, sin duda, supondrá una disminución del tiempo requerido.

Finalmente, queda abierto para futuros desarrollos el análisis de las fortalezas, amenazas y oportunidades detectadas en el proceso, lo cual permitirá minimizar el impacto de los cambios legislativos sobre el proceso de homologación de los vehículos y mejorar su operatividad.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la empresa Stadler Rail Valencia S.A.U. su colaboración en este estudio.

Bibliografía

- AESF, s.f. *Interoperabilidad*. [internet] Disponible en: <https://www.seguridadferroviaria.es/actividades/interoperabilidad>.
- Agencia de la Unión Europea, 2019. *European Union Agency for Railways (ERA)* [internet]. Disponible en: https://europa.eu/european-union/about-eu/agencies/era_en
- Alcázar-Ortega, M., Calpe, C., Theisen, T. & Carbonell-Carretero, J. F., 2015. Methodology for the identification, evaluation and prioritization of market handicaps which prevent

the implementation of Demand Response: Application to European electricity markets. *Energy Policy*, Noviembre, Volumen 86, pág. 529-543.

Ancín, J. M. S. d. V., 2018. *El plan de marketing en la práctica*. Madrid: ESIC.

Boletín Oficial del Estado, 2008. *Directiva 2008/57/CE de 17 de junio, sobre la interoperabilidad del sistema ferroviario dentro de la Comunidad*, s.l.: s.n.

Boletín Oficial del Estado, 2009. *Resolución de 10 de julio de 2009, de la Dirección General de Infraestructuras Ferroviarias, por la que se aprueba la "Especificación Técnica de Homologación de Material Rodante Ferroviario: Material Rodante Auxiliar"*, s.l.: «BOE» núm. 200, de 19 de agosto de 2009, páginas 71351 a 71415 (65 págs.).

Boletín Oficial del Estado, 2016. *Directiva 2016/797/UE de 11 de mayo de 2016, sobre la interoperabilidad del sistema ferroviario dentro de la Unión Europea (versión refundida)*, s.l.: s.n.

Consejo de la Unión Europea, 1996. *Directiva 96/48/EC del Consejo, de 23 de julio de 1996, relativa a la interoperabilidad del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad*, s.l.: s.n.

Diario Oficial de la Unión Europea, 2014. *Reglamento (UE) n.º 1302/2014 de la Comisión, de 18 de noviembre de 2014, sobre la especificación técnica de interoperabilidad del subsistema de material rodante «locomotoras y material rodante de viajeros» del sistema ferroviario en la Unión Europea Text*, s.l.: s.n.

Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 2002. *Decisión de la comisión de 30 de mayo de 2002 sobre la especificación técnica de interoperabilidad (ETI) relativa al subsistema «Material Rodante»*, s.l.: s.n.

EUAR, 2018. *Reglamento de Ejecución (UE) 2018/545 de la Comisión, de 4 abril de 2018, por el que se establecen las disposiciones prácticas relativas a la autorización de vehículos ferroviarios y al proceso de autorización de tipo de vehículos ferroviarios (...)* [internet]. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0545&from=EN> [Último acceso: 13 July 2020].

EUAR, 2019. *ETI de personas con discapacidad o de movilidad reducida*. [En línea] Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:02014R1300-20190616&from=EN>

Fernández, F. J. G., 2018. *Sistemas ferroviarios: planificación, ingeniería y explotación*. UNED ed. Madrid: s.n.

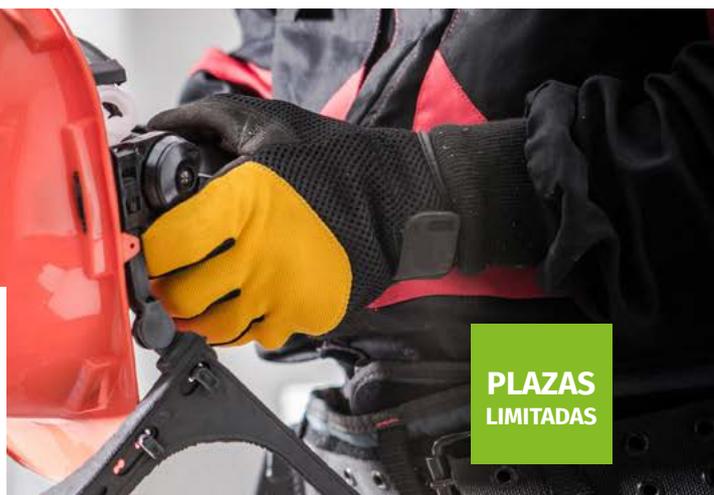
Fine, L. G., 2009. *The SWOT Analysis: Using your Strength to overcome Weaknesses, Using Opportunities to overcome Threats*. s.l.: Creates pace Independent Publishing Platform.

Stadler Rail Group, 2017. *Locomotora EURODUAL*. [En línea] Disponible en: <https://www.stadlerrail.com/media/pdf/leurodualhvle0520s.pdf>

Stadler Valencia, 2020. *STADLER* [internet]. Disponible en: <https://www.stadlerrail.com/es/sobre-nosotros/centros/stadler-valencia-su/179/> [Último acceso: 05 07 2020].

UIC, the worldwide railway organisation, 2015. *European Train Control System* [internet] Disponible en: <https://uic.org/rail-system/ertms/etsc#Standards-and-Specifications>.

Incluye un acceso durante un año a **CISLAB (Prevención de Riesgos Laborales)**, Base de Datos que incluye especialización en PRL valorada en 779€.



PLAZAS LIMITADAS

Formación

Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales

La Prevención de Riesgos Laborales continúa siendo una materia imprescindible en todas las empresas. Por este motivo la demanda de profesionales orientados y formados en PRL es cada vez mayor en el mercado.

Consigue el título máster y obtén tu gran ventaja competitiva.

Metodología

Una metodología didáctica **online** cuyo objetivo es que dispongas de tu propio ritmo de estudio, decidiendo cuándo y cómo estudiar y, por tanto, totalmente compatible con tu actividad profesional. Podrás acceder desde cualquier lugar al **aula virtual** donde encontrarás el temario del máster y la documentación de soporte. Contarás con un seguimiento y atención personalizados proporcionados por los tutores en la misma plataforma y también por correo electrónico y vía telefónica. Tendrás un **aprendizaje activo y colectivo**, a través del intercambio de conocimiento y experiencias en los foros. Contarás además, con el apoyo de **sesiones sincrónicas**.

La evaluación será **continua y formativa** y se adaptará al carácter de las asignaturas y de las competencias a evaluar. La nota final será la media, según la **ponderación** establecida de la calificación de las distintas actividades de cada asignatura: test de evaluación, casos prácticos, cuestionarios de preguntas cortas, test de seguimiento y participación en las diferentes actividades del aula virtual.

Programa

Permite cursar el **Título de Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales**, adaptado al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), nivel 3 del MECES y nivel 7 del EQF.

Incluye las 3 especialidades:

- Seguridad
- Higiene
- Ergonomía

Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales

por la Universidad Francisco de Victoria con **3 especialidades: Seguridad, Higiene y Ergonomía.**

Precio del Máster Completo

2.950€

Descuento por inscripción anticipada del 10% sobre honorarios de matrícula

2.704€

Noviembre/Diciembre 2020
(Si quedan plazas disponibles. Son limitadas)



Créditos: 60 ECTS



Modalidad: e-learning



Fecha inicio: **25/02/2021**
Fecha final plazo admisión: enero/2021
Fecha fin: **Diciembre/2021**



Con el apoyo docente de reconocidos **expertos en la materia**



Precio total del Máster: 2.950€ (Posibilidad de pago fraccionado)
Precio por inscripción anticipada: 2.704€ (Nov./Dic. 2020)



Programa **bonificable** en los seguros sociales (Fundación Estatal para la Formación en el Empleo- FUNDAE).



Acceso a la base de datos **CISS Prevención Riesgos Laborales**



Potencia tu Networking



Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales por la **Universidad Francisco de Vitoria**. Verificado por la ANECA.

Infórmate ahora

Para más información así como para formalizar la matrícula, pueden ponerse en contacto con **Luís Antonio Durán**, en el teléfono **699 49 77 51**, o por e-mail **aduran@wke.es**

El papel de la digitalización tridimensional y el análisis estratigráfico en el estudio del patrimonio vitivinícola de Aranda de Duero (España)

Study of the cellars in Aranda de Duero, Spain

Alonso Blaya San Pedro¹, Silvia Nuere Menéndez-Pidal², Adela Acitores Suz², Alberto Polo Romero³, Julio Villalmazo Santamaría³, Fernando Blaya Haro²

Resumen

La aproximación desde distintas disciplinas al estudio del Conjunto de Bodegas de la localidad de Aranda de Duero (Burgos) permite el conocimiento en profundidad de sus características históricas, físicas o dimensionales, así como el acercamiento a secuenciar los procesos de construcción acaecidos a lo largo de los años.

Son diversos los métodos empleados para reproducir fielmente las bodegas de esta localidad, desde el uso de diferentes tipos de escáner o la fotogrametría para su digitalización tridimensional, al registro y modelado tridimensional de las huellas dejadas en las paredes y techos de las bodegas en el proceso de arranque de material necesario para su construcción. La recogida de todos estos elementos permite disponer de unos datos muy valiosos de sus características para su posterior estudio, conservación y restauración en caso de necesidad.

El estudio con detalle mediante la matriz de Harris de dos de las bodegas (El Jarro y el Gorito I) nos permite adentrarnos en el proceso de construcción de las bodegas, conociendo el orden temporal o “secuencia estratigráfica” en el que se han ido desarrollando las sucesivas intervenciones.

En definitiva, conocer con detalle las características de las bodegas de la localidad de Aranda de Duero e inventariarlas, permite que este bien cultural sea conservado y mostrado a la sociedad

Palabras clave

Arqueología industrial, Bodegas Aranda de Duero, Matriz de Harris, digitalización tridimensional.

Abstract

Approaching from different disciplines to the study of the set of wineries in the town of Aranda de Duero makes possible, in-depth knowledge of its characteristics, as well as an approach to the building processes that have occurred over the years.

Various are the methods used to reproduce faithfully the wineries of this town, from the use of a laser scanner, photogrammetry, as well as the 3-D traces reproduction left on the walls and ceilings of the wineries. Collecting all these items allows having exact data of its characteristics for its later conservation and restoration in case of need.

The detailed study using the Harris matrix of two of the wineries (El Jarro and el Gorito I) allows us to know about the construction course of action of the wineries, knowing the order in which the interventions have been developed.

In short, knowing in detail the characteristics of the wineries in the town of Aranda de Duero and making an inventory of them, allows this cultural asset to be preserved and shown to society.

Keywords

Industrial Archeology, Aranda de Duero wine cellars, Harris Matrix, 3D digitalization.

Recibido / received: 20/09/2020. Aceptado / accepted: 20/11/2020.

(1) Universidad Europea de Madrid. Calle Tajo, s/n, 28670 Villaviciosa de Odón, Madrid.

(2) ETS Ingeniería y Diseño Industrial, Universidad Politécnica de Madrid, Ronda de Valencia, 3, 28012 Madrid.

(3) Universidad Rey Juan Carlos, Campus de Madrid. Paseo de los Artilleros, 38, 28032 Madrid.

Autor para correspondencia: Prof. Fernando Blaya Haro. E-mail: fernando.blaya@upm.es.



Bodegas Tradicionales de Aranda de Duero (España). Bodega Requejo, Peña "Tierra Aranda". Imagen propia.

Introducción

La ciudad de Aranda de Duero posee en su subsuelo un Conjunto Histórico de Bodegas cuyo origen se remonta, en base a la documentación histórica, hacia la aparición de la propia evolución urbanística de la ciudad en torno al siglo XV. Sin embargo, existen indicios no fehacientes que sitúan las más antiguas hacia el siglo XIII (Iglesia y Villahoz, 1982). Las primeras fases vienen sugeridas por la presencia de arcos apuntados, aunque este dato se somete a la contingencia de ser bajomedievales o del siglo XVI. En todo caso, tanto las referencias escritas existentes, como el estudio de los elementos arquitectónicos, deben ser contrastados para aportar una cronología fiable.

Este patrimonio es importante tanto a nivel histórico, como a nivel económico, etnográfico y social para esta localidad. Posee un carácter único por la dimensión en la longitud de sus naves de bodegas, estimada en aproximadamente siete kilómetros en los momentos de máximo esplendor (Iglesia, 2003). Existe, por tanto, un interés generalizado por su conservación y difusión.

Antecedentes

Para conocer las características de las bodegas de Aranda de Duero es necesario disponer de un equipo interdisciplinar. Se necesita integrar conocimientos, técnicas y métodos de trabajo entre diferentes áreas de conocimiento.

Para optimizar los recursos disponibles se exige la colaboración entre científicos y profesionales, así como una coordinación en la asignación de funciones y recursos. Ésta es la base de la investigación llevada a cabo, a raíz de un proyecto de investigación de cuatro años de duración, entre la Universidad Rey Juan Carlos y la Universidad Politécnica de Madrid. Las áreas que se vieron implicadas fueron la Historia, la Arqueología, la Economía y el Turismo, con otras propias del campo de la ingeniería como las TIC, el Diseño o la Producción Industrial (Blaya *et al.*, 2017). En consecuencia, existe un objetivo inicial de avanzar en el conocimiento y la aportación científica a las disciplinas denominadas Patrimonio Industrial y Arqueología Industrial (Blaya *et al.*, 2019).

En el año 2013 se suscribió un convenio de investigación entre el Ilmo. Ayuntamiento de la localidad de Aranda de Duero (Burgos) y el Grupo de

Investigación "Heritage, Archaeology, Science, Technology, Historical Graffiti and Arts" (HASTHGAR) de la Universidad Rey Juan Carlos de Madrid, para la realización del "Inventario Digital Integral del Conjunto de Bodegas de la localidad de Aranda de Duero" (Ilmo. Ayuntamiento de Aranda de Duero, 2013) al amparo de los Artículos 83 y 68.1 de la Ley Orgánica 6/2001, de 21 de diciembre, de Universidades (LOU), para permitir el planteamiento y desarrollo del trabajo de investigación.

El Convenio citado permitió la toma de datos para el análisis y estudio estratigráfico de las bodegas de Aranda de Duero (Burgos), como exponentes máximos de las construcciones artificiales excavadas en el subsuelo.

Dentro de este proyecto de investigación se logró, además, la digitalización de este conjunto patrimonial a partir de un escáner láser de diferencia de fase, así como la fotografía digital panorámica. Mediante diferentes técnicas se consiguió realizar una documentación gráfica y técnica que dio lugar a planimetrías, el análisis planimétrico y geométrico, así como la obtención de infografías 2D y 3D de alta calidad y vídeos que muestran tridi-



Figura 1. Panoramas de Aranda de Duero (Burgos).

mensionalmente itinerarios virtuales, a través de los exteriores enlazados con el entramado de bodegas oculto en el subsuelo (Blaya, 2014).

Estado del arte

Es curioso destacar la importancia que el diccionario (Madoz, 1845) otorga a las condiciones del terreno que favorecen la producción de vino en la comarca llamada Ribera del Duero. También destaca la presencia de las bodegas en el subsuelo: “la mayor parte de dichas casas tienen debajo espaciosas cuevas o bodegas para la conservación del vino en cubas de madera de cabida de 100 a 300 a.; bastante profundas aquellas, y cavadas en terreno compuesto por una greda arenosa y muy dura, que evita las filtraciones del agua, y hace que no necesiten bóvedas ni arcos para su sostenimiento, excepto en varios casos”.

Uno de los trabajos esenciales para el conocimiento de las bodegas de Aranda de Duero es el realizado por J. Iglesias y A. Villahoz. Su objetivo es dar a conocer, en lo posible, un Patrimonio cultural que merece una protección (Iglesia y Villahoz, 1982), argumentándolo a partir de un estudio histórico extenso basado en referencias documentales y bibliográficas. El estudio va más allá de las atribuciones tradicionales de los constructores de las bodegas, viéndolas como “el resultado de unas condiciones determinadas, así como de la necesidad de conservar el vino en un lugar adecuado de temperatura, humedad, ventilación...” (Iglesia y Villahoz, 1982). Sin embargo, este estudio histórico no toma datos de la arqueología, en un momento en el que la arqueología de urbana y de urgencia estaba empezando a dar sus primeros

pasos. Por otro lado, los autores basarán gran parte de sus argumentaciones en los trabajos que se han realizado sobre el Catastro del Marqués de la Ensenada o las Ordenanzas del Gremio de Cosecheros de Vino de Aranda de Duero de 1783 («Ordenanzas del Gremio de Cosecheros de Vino de Aranda de Duero de 1783», 1783).

Villahoz e Iglesias realizan un inventario de las bodegas teniendo en cuenta que una bodega será toda aquella que tenga su propia entrada. Se inventariaron 120 bodegas, indicando asimismo el origen de sus nombres. En el trabajo de investigación que nos concierne ha habido algunos problemas, ya que en algunas de ellas fue imposible entrar debido a hundimientos, inundaciones de agua o sencillamente por la negativa del dueño. No se incluyen en este estudio los Bodegones que, como indican Villahoz e Iglesias (1982), tienen unas características arquitectónicas y de profundidad que los hacen diferentes.

Una de las claves de este estudio es dividir las bodegas en base a una serie de agrupamientos (“corros”). De esta manera se delimitan alguna de sus características específicas.

Esta división es la siguiente:

- Corro de bodegas de la calle de los Bodegones.
- Corro de bodegas de San Juan, Santo Cristo, Santa Ana y la Costanilla.
- Corro de bodegas en torno a la Iglesia de Santa María.
- Corro de bodegas de la Plaza del Trigo.
- Prolongaciones de la Calle Isilla, Cascajar y Barrio Nuevo.
- Bodegas de Ricaposada y San Gregorio.

Para finalizar el estudio, Villahoz

e Iglesia describen las galerías, incluyendo las fases en las que se construyen los túneles, diferenciando las características de su composición (arenas, arcilla, etc.). Estos autores datan estas bodegas en la Alta Edad Media, en base a referencias existentes de otras bodegas subterráneas de pueblos como San Esteban de Gormaz, o las de la Catedral de Ávila. Ciertamente es también que su construcción y ampliación estaría estrechamente relacionado con el aumento de las cosechas y, por tanto, con la necesidad de almacenaje.

Continuidad de los estudios de Villahoz e Iglesia de 1982

El Ilmo. Ayuntamiento de Aranda de Duero encarga en 2010 un estudio en profundidad de las Bodegas Históricas de Aranda de Duero. La intención es completar los estudios iniciados con el trabajo de Iglesia y Villahoz en 1982. Estos estudios tuvieron únicamente continuidad en la planimetría de Enrique Calleja en 2008 (Calleja, 2008). El resultado del trabajo es una Memoria elaborada por el Estudio de Arquitectura Terracota (Terracota Ingenieros SL., 2010). Se busca, además de estudiar e inventariar las bodegas, tomar medidas de cara a conservar y poner en valor este conjunto patrimonial.

El trabajo se inicia con una introducción sobre los antecedentes histórico-arqueológicos e incluye las últimas publicaciones y excavaciones arqueológicas. Este hecho supone una gran novedad respecto a trabajos anteriores, ya que aporta datos novedosos frente a la documentación, haciendo un resumen y actualización a modo de introducción a la Memoria.

Los técnicos hacen un inventario de un total de 135 bodegas, y 77 se estudian con más detalle. Del total, 13 obtienen un resultado negativo por parte de sus propietarios para ser analizadas, y otras 10 que se encuentran tapadas según la versión de dueños. Además, se incluye un total que, a pesar de la voluntad de los propietarios, es muy complicado el acceso.

El trabajo de los técnicos de Terracota también agrupa por corros tradicionales las bodegas, delimitando zonalmente los subconjuntos. Algunos nombres recogidos para las bodegas se actualizaron mediante encuestas orales, y otros muchos son herencia del trabajo realizado por Iglesia y Villahoz en 1982.

Las fichas de trabajo agrupan la información en torno a dos partes: una dedicada a la caracterización topográfica, situación jurídica, etc., y otra más referida a características constructivas y otros datos de interés. Todo ello completado con un anexo, tanto fotográfico como planimétrico. Este último se obtiene de los levantamientos topográficos de Alberto Villahoz en el año 1982, los de Enrique Calleja en 2008, y algunos que han sido realizados por el equipo de Terracota.

Por primera vez se recoge, no sólo un estudio histórico y descriptivo de las bodegas, sino que se entra a valorar las alteraciones producidas y el riesgo que existe en la conservación del bien. Se individualiza el estudio de las bodegas interiormente, elaborando un esquema general de las diferentes partes que componen la bodega: escaleras, bóvedas, arcos, cañones y otros elementos.

En el segundo grupo de información se recogen los aspectos formales de carácter general del inmueble, indicando el número de elementos, desde el plano estructural (número de cañones, naves, capillas, arcos, zarcas, etc.) y una descripción del portalón tradicional, en los escasos inmuebles en los que se conserva o intuye. En los casos en los que existen varias naves y/o cañones, se recoge la información de forma conjunta para cada unidad compositiva.

Al contrario que Iglesia y Villahoz, Terracota centra su estudio en el actual casco histórico del municipio de Aranda de Duero, sólo recogiendo un corro de bodegas ubicado extramuros, el corro de Ricaposa y San Grego-

rio. Respecto a estos corros, siguen el esquema elaborado por J. Iglesia y A. Villahoz del año 1982, ampliando el mismo, con el de la Plaza Mayor.

El estudio de Terracota Ingenieros S.L. (2010) actualiza la información a un total de 135 bodegas subterráneas, agrupadas en siete corros diferentes, indicando el número de bodegas que lo componen:

- Corro de bodegas de la calle los bodegones: 8 bodegas.
- Bodegas de San Juan, Santo Cristo y Santa Ana: 12 bodegas.
- Corro de bodegas de la zona de Santa María: 25 bodegas.
- Corro de bodegas de la Plaza del Trigo: 15 bodegas.
- Bodegas de C/ Isilla, Cascajar y Barrio Nuevo: 52 bodegas.
- Bodegas de Ricaposa y San Gregorio: 20 bodegas.
- Bodegas de la Plaza Mayor: 3 bodegas.

Otro aspecto interesante es el estudio de la estructura de la propiedad, tema complejo, pues la mayor parte no se encuentran inscritas en el registro de la propiedad, tienen varios dueños o se han heredado sin dejar constancia. En la memoria se abordan aspectos esenciales para la conservación de las bodegas, elaborando unas pautas para que la rehabilitación sea coherente con las mismas. Estos autores definen la bodega como:

“El conjunto de infraestructuras que integran no sólo la red de galerías, sino también sus accesos y las dependencias relacionadas con la actividad mercantil, conformadas por lagar, portalón, cañón y naves, así como otros elementos auxiliares que, no necesariamente presentes, complementan su arquitectura (capillas, zarcas, sumideros, respiraderos, etc.)” (Terracota Ingenieros S.L., 2010).

Esta memoria aporta un estudio interesante con respecto a la antigüedad de las bodegas, citando documentos, testimonios arqueológicos e intentando valorar los elementos arquitectónicos en su conjunto para poder dar un paso más respecto al momento de la construcción de éstas. Los autores señalan que uno de los aspectos necesarios para acotar las bodegas cronológicamente entre el siglo XIV y el XVIII

sería la realización de estudios pormenorizados que además analicen la conectividad de las galerías existentes.

La culminación de todos los trabajos y estudios sobre las Bodegas de Aranda de Duero tienen como conclusión la RESOLUCIÓN de 15 de mayo de 2013, de la Dirección General de Patrimonio Cultural, por la que se incoa expediente para la declaración del conjunto de bodegas de Aranda de Duero, como Bien de Interés Cultural con la categoría de Conjunto Etnológico (BOCyL Núm. 110, 11 de junio de 2013). Se elimina el agrupamiento en corros de las bodegas y se pasa a hablar de “Conjunto de Bodegas” de Aranda de Duero.

Esta incoación plantea la importancia de las bodegas como un “patrimonio singular, representativo de un pasado y de unas formas de vida, digno de ser conservado y transmitido a generaciones futuras (BOCyL, martes 11 de junio de 2013). En esta coyuntura se realizó el mencionado proyecto de digitalización de las bodegas, aunando los trabajos de investigación realizados hasta la fecha y abordando un inventario digital integral (Blaya, 2014) (Polo y Blaya, 2016), y un trabajo arqueológico de análisis de huellas constructivas y análisis estratigráfico.

Técnicas de elaboración de las bodegas: huellas

Se considera que las técnicas de elaboración constituyen un apartado importante dentro de este estudio, ya que a partir de las huellas dejadas por las herramientas en las paredes y techos de las bodegas subterráneas se puede llegar a identificar la(s) herramienta(s) que se utilizaron y la dirección de ejecución sobre la base de la inclinación que presentan para, finalmente, identificar las diferentes etapas constructivas.

Para realizar este estudio más en profundidad se tienen en cuenta dos bodegas: “Los Martínez” (actual El Jarro) y Gorito I. La primera es de titularidad pública, aunque cedida a la Peña “El Jarro”, y la segunda es de propiedad privada.

En ambos casos se hace el levantamiento tridimensional con el láser escáner FARO® Focus 3D S120, la fotografía panorámica digital, el análisis de paramentos siguiendo el método Harris, para obtener la denominada “matriz de Harris” (Harris, 1991). En

cuanto al análisis de huellas de trabajo, se realiza en una triple vertiente: la toma de huellas mediante moldes de arcilla, la fotogrametría digital y el láser escáner. Se considera que este estudio es completo para llegar a conclusiones fiables.

Los moldes se han escaneado posteriormente para poder ser estudiados comparativamente. Se lleva también a cabo un estudio fotogramétrico in situ de los mismos puntos seleccionados, de manera que se pueda disponer de una imagen tridimensional de las huellas. El resultado final es un conjunto de imágenes de alta resolución, que permite visualizar correctamente el relieve de las huellas. En las paredes, el uso de distintas herramientas deja un relieve particular que se puede relacionar con los filos de estas. Estas huellas nos permiten determinar el tipo de herramientas utilizado en cada caso, revelando la forma de palas de los picos, su peso y curvatura. Las direcciones nos indican la posición mantenida por los operarios y el cambio de las direcciones de los golpes en varios sentidos, y la destreza de los constructores de las galerías de las bodegas. Los trabajos se realizan sobre arcillas compactas, piedras areniscas y otras que se trabajan con facilidad. El proceso de investigación de las huellas tiene como fin la identificación de las herramientas utilizadas en la realización de las galerías. Para ello, se colocan planchas de arcilla roja que cubren las improntas y se aplica presión para que ésta penetre por todos los resquicios de la superficie (fig. 2), y de esta manera registre los detalles, los relieves y las texturas. El molde positivo que se obtiene reproduce con toda fidelidad la huella de las herramientas utilizadas (figs. 3 y 4). Las muestras se fotografían en alta resolución para realizar su posterior restitución fotogramétrica (fig. 5) o bien se escanean mediante escáner láser para poder reconstruir los filos y contornos de las herramientas utilizadas (fig. 6).

A partir de estas imágenes se establece una comparación y emparejamiento con herramientas históricas y actuales también digitalizadas (fig. 7), de manera que se pueda asegurar qué útil ocasionó la huella analizada y con qué técnica de elaboración fue realizada en cada caso.

Además del estudio de las huellas, se contó con las herramientas abandonadas

en las cuevas y un análisis comparativo con el trabajo de tallado reciente. Indicamos a modo de ejemplo un útil de tamaño pequeño, piqueta grande (fig. 8). Tiene huellas penetrantes, alargadas y terminadas en pico cuando trabaja devastando la superficie. Cuando utiliza el lado plano deja señales de trabajo planas, poco profundas, permitiendo obtener superficies lisas y homogéneas.

Fases de elaboración de una bodega

La suma de las huellas de las diferentes zonas de las paredes de las bodegas nos muestra cómo se trabajó sobre ellas y ayudan a reconocer las intervenciones posteriores. Con el mismo criterio se puede clasificar, temporalmente, las ampliaciones de las bodegas. Del estudio se desprende que las fases de elaboración de las galerías coinciden todas y que se realizan unas inmediatamente a las anteriores, con muy pocos metros de diferencia. De esta manera, según avanza el excavado de la galería, se rebaja el relieve basto de la pared, se dio forma al suelo y al techo, y se alisan todas las partes.

La suma de las huellas nos muestra cómo se trabajó sobre las distintas partes de las bodegas y ayudan a reconocer las intervenciones posteriores. Y con el mismo criterio se pueden clasificar las ampliaciones de las bodegas. Una primera fase consiste en el picado del hueco en la dirección al eje central que va a tener la galería, en la que se puede utilizar el fuego para que la piedra disgregue, con el uso de herramientas más grandes y pesadas que en las otras fases de elaboración de estas arquitecturas populares (Fossier, 2000). En esta fase se realiza la rampa que al finalizar la bodega se remata en forma de escalera tallada en piedra. De esta manera, según avanza el excavado de la galería, se rebaja el relieve basto de la pared, se da forma al suelo y al techo, y se alisan todas las partes.

El estudio de las huellas en las bodegas de Aranda de Duero nos lleva a analizar los paramentos de las mismas, para abordar de esa manera un estudio integral de las bodegas. En el anterior estudio de Terracota se planteaba que el análisis de los paramentos debía ser objeto de estudio específico, que no se llegaron a acometer en aquella ocasión (Terracota Ingenieros

SL., 2010), pero que se consideraba como imprescindible para poder acotar la cronología de éstas, sus fases y modificaciones, así como para documentar las cualidades de sus estructuras. Nos adentramos de esta manera a la Arqueología de Arquitectura como un elemento imprescindible en el conocimiento de la vida de un monumento.

Estudio estratigráfico

Hasta hace unos años se consideraba que un bien inmueble podía ser abordado a partir de las diferencias de estilo que se manifestaban en sus estructuras. No se tenían en cuenta otros elementos significativos que podían delatar modificaciones estructurales en su vida, como por ejemplo los cambios de material, de composición de los elementos constituyentes o las reformas que tuvieron lugar a lo largo de su existencia.

La obra de Harris (Harris, 1991), sin embargo, permitió reconocer los diferentes procesos de actuación sobre cualquier bien histórico, planteando sus evidentes unidades, que pasaron a denominarse Unidades Estratigráficas, con sentido en sí mismas. En la obra de Harris interesa resaltar que el hecho de considerar unidades estratigráficas en cualquier Bien Histórico -en este caso las bodegas históricas de la localidad de Aranda de Duero- y el recurso a su integración dentro de una secuencia de carácter estratigráfico, Matrix en su versión inglesa (Harris, 1979) y Matrix de Harris en su versión española (Harris, 1991), ha supuesto un avance significativo en el conocimiento de la vida de los edificios y construcciones históricas. Ha permitido diferenciar elementos y procesos de construcción, reformas y reconstrucciones dentro de los mismos. Al mismo tiempo el planteamiento de Harris introduce tres elementos esenciales en la valoración de los procesos que afectan al bien:

- Plantear que las unidades estratigráficas tienen unas relaciones entre sí basadas en principios de estratigrafía, que permiten su secuenciación rigurosa y científica.
- Que estas unidades pueden poseer un carácter positivo o negativo (interfaces en su versión original inglesa), en función de que manifiesten su presencia física (positiva) o la huella de una actuación antrópica sobre las estructuras (negativa), que queda

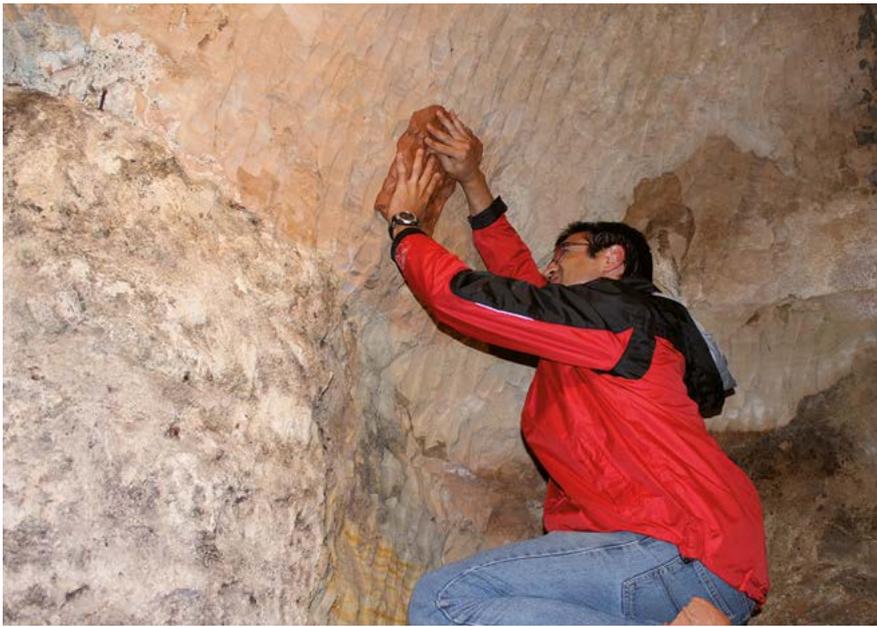


Figura 2. Toma de improntas de arcilla. Imagen propia.



Figura 3. Huellas de picadas cruzadas. Imagen propia.

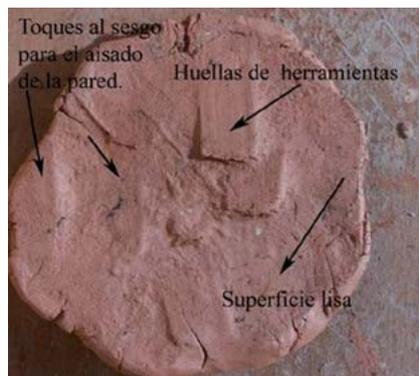


Figura 4. Huella de útil de tamaño mediano, piqueta grande. Imagen propia.

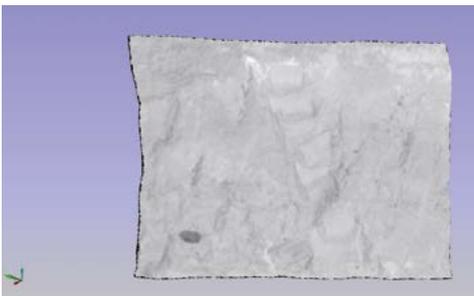


Figura 6. Huellas tomadas a partir de escáner.

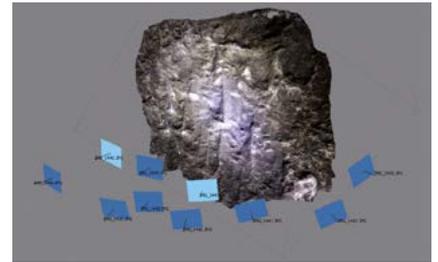
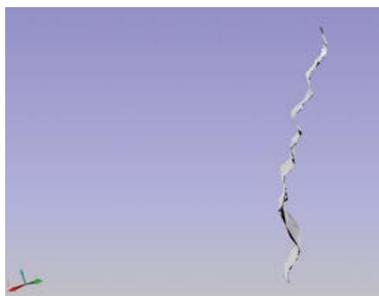


Figura 5. Fotogrametría. Alineamiento de imágenes y posicionado de cámaras.

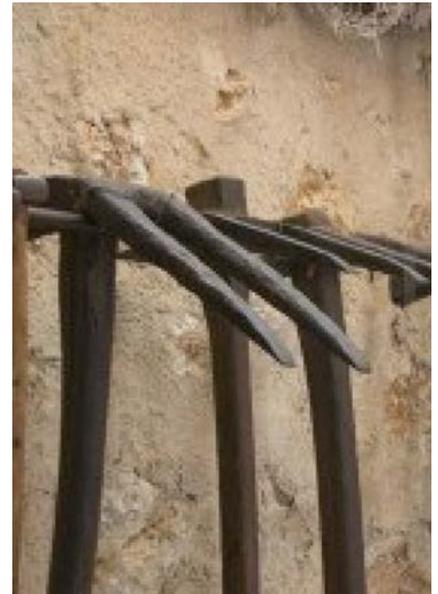


Figura 7. Picos afilados y planos. Imagen propia.



Figura 8. Piquetas. Imagen propia.

reflejada en forma de corte o eliminación de una parte de la/s unidad/es integrantes. De esta manera se pueden poner de manifiesto unas actuaciones sobre el bien que anteriormente no se tenían en cuenta, representando momentos importantes en su vida.

- La desvinculación de secuencia estratigráfica y momento histórico, ya que la correlación entre secuencia estratigráfica y secuencia histórica se produce en una segunda etapa del estudio, cuando se dispone de los datos suministrados por la ciencia (Harris, 1979).

El conocido como Método Harris estaba pensado fundamentalmente para el análisis de yacimientos arqueológicos, y se aplicó finalmente a las construcciones exentas gracias al trabajo de Carandini (CARANDINI, 2010). Así nació la vertiente arquitectónica de la Arqueología, que ha pasado a denominarse Arqueología de la Arquitectura o Estratigrafía Muraria, que aplica los principios estratigráficos del trabajo de Harris a las edificaciones.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
id	NOMBRE BÓDEGA	U.E.	DESCRIPCIÓN	TÉCNICA	ANTERIOR A	POSTERIOR A	CUBRE A	ADOSADO A	MATERIAL	FOTOGRAFÍA	OBSERVACIONES
222	EL JARRO-Nº109 (ARANDA)	1	TIERRA RELLANO. SE EXCAVA EN EL LA BÓCA DE LA BÓDEGA			2					
223	EL JARRO-Nº109 (ARANDA)	2	SUELO NATURAL DE ARENISCA								
224	EL JARRO-Nº109 (ARANDA)	3	EXCAVACIÓN DE TRAMO SUPERIOR DEL CAÑÓN DE ENTRADA A LA BÓDEGA. HOY ESTE TRAMO CONSTA DE TRECE ESCALONES.			1					
225	EL JARRO-Nº109 (ARANDA)	4	ESCALONES DE BAJADA A LA BÓDEGA (TRECE)			3					
226	EL JARRO-Nº109 (ARANDA)	5	MURO DEL LATERAL IZQUIERDO DE SILLAREJO CON MORTERO DE CAL Y ARENA			1, 4					
227	EL JARRO-Nº109 (ARANDA)	6	MURO DEL LATERAL DERECHO DE SILLAREJO CON MORTERO DE CAL Y ARENA			1, 4					
228	EL JARRO-Nº109 (ARANDA)	7	BÓVEDA DE CAÑÓN FORMADA POR SILLARES BIEN TRABAJADOS DE CALIZA, QUE RECORREN EL ACCESO DESDE ENTRADA HASTA EL INICIO DE LA BÓVEDA NATURAL.		8	1, 5, 6					
229	EL JARRO-Nº109 (ARANDA)	8	INTERFAZ. TRAMO INFERIOR ACCESO A BÓDEGA FORMADO POR 17 ESCALONES. EXCAVACIÓN DEL CAÑÓN CON BÓVEDA TIPO V EN ROCA NATURAL	HERRAMIENTA QUE DEJA HUELLA ALARGADA Y FINA		2, 3, 4, 5, 6, 7					
230	EL JARRO-Nº109 (ARANDA)	9	INTERFAZ. DESGASTE DE LOS ESCALONES DE ACCESO. CORRESPONDIENTES A U. 3, 4			4, 5, 6					
231	EL JARRO-Nº109 (ARANDA)	10	RECONSTRUCCIÓN DE TRECE ESCALONES CON CEMENTO TIPO PORTLAND		9, 10	4, 5, 6, 9					
232	EL JARRO-Nº109 (ARANDA)	11	ESCALONES DE BAJADA A BÓDEGA. DIECISIETE. SEGUNDO TRAMO			8					
233	EL JARRO-Nº109 (ARANDA)	12	INTERFAZ. DESGASTO DE ESCALONES POR USO. CORRESPONDIENTES A 11			2, 8, 11					
234	EL JARRO-Nº109 (ARANDA)	13	INTERFAZ. DESTRUCCIÓN DE COSTADO IZQUIERDO DEL ACCESO, ENTRE U. 4 (ESCALONES 13 AL 18)			1, 4					
235	EL JARRO-Nº109 (ARANDA)	14	REFUERZO DE LADRILLO MACIZO DE 15X30X5 PARA LA EROSIÓN (U. E. 13)			1, 2, 5, 8, 9, 10					
236	EL JARRO-Nº109 (ARANDA)	15	INTERFAZ. DESTRUCCIÓN DEL MURO DE LADRILLO U. E. 14			14					
237	EL JARRO-Nº109 (ARANDA)	16	RECONSTRUCCIÓN ESCALONES (U. E. 17)								
238	EL JARRO-Nº109 (ARANDA)	17	INTERFAZ DE U. E. 6. DESTRUCCIÓN PARCIAL DE PARTE DERECHA U. E. 6 EN CONTACTO CON U. E. 2			1, 2, 6, 8		16			
239	EL JARRO-Nº109 (ARANDA)	18	RELLENO CON CEMENTO TIPO PORTLAND DE U. E. 17					16, 17			
240	EL JARRO-Nº109 (ARANDA)	19	INTERFAZ DEL COSTADO DERECHO DE U. E. 2. DESTRUCCIÓN PARCIAL.			8		2			
241	EL JARRO-Nº109 (ARANDA)	20	RELLENO CON CEMENTO TIPO PORTLAND DEL INTERFAZ U. E. 19			19					
242	EL JARRO-Nº109 (ARANDA)	21	PASAMANOS DE HIERRO QUE RECORRE COSTADO IZQUIERDO DEL ACCESOS A CAÑÓN.			5, 8					PARECE OBRA COINCIDENTE CON RECONSTRUCCIÓN DE ESCALONES 10 Y 16
243	EL JARRO-Nº109 (ARANDA)	22	INTERFAZ. EXCAVACIÓN DE ACCESO A BÓDEGÓN SITUADO EN LA DERECHA DEL ACCESO	PICACHÓN DE HUELLA LARGA Y PRUNDA EN ARENISCA		2, 8					ABARCA ESCALONES 21 A 25
244	EL JARRO-Nº109 (ARANDA)	23	REFUERZO QUICHO IZQUIERDO MEDIANTE LA TÉCNICA DE SILLARES DE CALIZA BIEN ESCUADRADOS.	SILLARES DE CALIZA BIEN ESCUADRADOS	16	2, 8, 22					
245	EL JARRO-Nº109 (ARANDA)	24	REFUERZO QUICHO DERECHO MEDIANTE LA TÉCNICA DE SILLARES DE CALIZA BIEN ESCUADRADOS	SILLARES DE CALIZA BIEN ESCUADRADOS	16	2, 8, 22					
246	EL JARRO-Nº109 (ARANDA)	25	REALIZACIÓN DE CUATRO ESCALONES EN PIEDRA CALIZA BIEN ESCUADRADA UNIDOS POR MORTERO DE CAL Y ARENA			2, 8, 23, 24					
247	EL JARRO-Nº109 (ARANDA)	26	HUECO PARA INTRODUCIR DINTEL SOBRE JAMBA IZQUIERDA DE FORMA SEMICIRCULAR		28	23					
248	EL JARRO-Nº109 (ARANDA)	27	HUECO PARA INTRODUCIR DINTEL SOBRE JAMBA DERECHA DE FORMA SEMICIRCULAR		28	23					
249	EL JARRO-Nº109 (ARANDA)	28	CIERRE DE MADERA CON ESTRUCTURA EN REJILLA PARA PERMITIR VENTILACIÓN			23, 24, 27					

Tabla 1. Tabla parcial de datos Estratigrafía Muraria de la bodega "Los Martínez", Peña el Jarro.

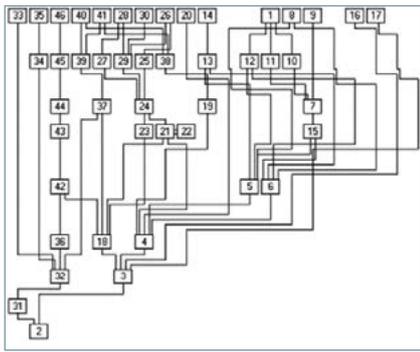


Figura 9. Estratigrafía Muraria de la bodega "Los Martínez", Peña el Jarro.

En el caso de las bodegas de Aranda de Duero, no se podía obviar este análisis de los paramentos para abordar el estudio integral de las bodegas y se ha llevado a cabo en dos de sus instalaciones, las bodegas conocidas como El Jarro y Gorito I. En estas dos bodegas se ha procedido a desarrollar un análisis exhaustivo de sus paramentos y a elaborar las conclusiones que se desprenden de éste siguiendo la metodología de Harris.

Consecuentemente se ha procedido al estudio de los paramentos de las dos bodegas citadas, anotando en una hoja de cálculo Excel sus características y relaciones entre Unidades Estratigráficas, e incluyendo su estudio en el capítulo de Resultados en esta investigación.

Para la elaboración de las matrices correspondientes se ha recurrido al programa de libre acceso Stratify 1.5, que facilita el manejo de los datos y elabora la matriz correspondiente. En este programa informático se han volcado los datos contenidos en la hoja de cálculo que ha servido como soporte de la información recabada in situ en ambas instalaciones, y se ha procedido a la confección automatizada de las matrices correspondientes. Si la matriz resultante contiene todas y cada una de las Unidades Estratigráficas significa un rango de calidad en la toma de datos, ya que un defecto en esta fase comportaría una matriz defectuosa (Harris, 1979). Por ello, el resultado final garantiza que la toma de datos se ha llevado a cabo de manera rigurosa e implica que esas unidades van a poner de manifiesto toda la vida por la que ha pasado el bien sometido a estudio.

La Matriz de Harris representa las diferentes etapas de la vida de una bo-

dega y el diagrama resultante constituye un elemento de garantía, ya que todas las Unidades Estratigráficas deben ubicarse en él de manera que todas sigan la secuencia sin faltar ni sobrar ninguna. Asimismo, representa la vida activa de cada cavidad, desde que se ejecuta hasta la actualidad.

El gráfico (fig. 9) y la Tabla 1 se muestra un momento inicial bien definido, representado por las Unidades Estratigráficas 2, 3, 31 y 32, situado temporalmente entre los siglos XIV y XV. A partir de ese momento viene una etapa de escasa actividad, reflejada por las Unidades Estratigráficas intermedias. Representan un largo periodo de tiempo de reformas y transformaciones escasas. A continuación, se observa un periodo de renovación (UE 10, 11, 12, 13, 25, 27, 34, 38, 39 y 45). Por la tipología y materiales empleados, el momento se fija en la primera mitad del siglo XX y representa el periodo final de la cavidad como bodega activa. En último lugar, se evidencian reformas con motivo de la reapertura como lugar de ocio (UE 1, 8, 9, 14, 16, 17, 25, 26, 28, 30, 33, 40, 41 y 46).

A continuación, se mostrará a modo de imagen la Estratigrafía Muraria de la bodega "Los Martínez", Peña el Jarro (fig. 9) y la Tabla 1.

Conclusión

La localidad de Aranda de Duero posee en su subsuelo un conjunto de bodegas históricas que, como se ha comentado, se remonta al siglo XV, en paralelo a la aparición y evolución urbanística. Es un conjunto único por ubicarse en el subsuelo urbano del casco histórico, y por la dimensión y longitud de las naves de bodegas, así como por la integración en la vida cotidiana de sus habitantes.

La utilización de diferentes técnicas permitió estudiar en profundidad las características específicas de las bodegas, mostrando el gran valor histórico y cultural que albergan y que conforma el Patrimonio Vitivinícola de Aranda de Duero.

En el estudio se han analizado 57 de las 135 bodegas registradas en el último inventario municipal de 2010, con diferente nivel de detalle. Se han digitalizado mediante láser escáner, generando infografías 2D y 3D de alta resolución.

A nivel arqueológico, cabe destacar el estudio de Estratigrafía Muraria sobre la bodega "Los Martínez", Peña el Jarro. Asimismo, se ha estudiado la técnica de elaboración de las bodegas a través de las huellas de trabajo presentes en sus paramentos y bóvedas.

A través de este procedimiento, mediante el sistema de huellas se ha conseguido datar las bodegas, así como conocer el proceso de trabajo.

Estos hallazgos son importantes porque permitirán basarse en estas evidencias para futuras investigaciones.

Bibliografía

- Blaya, F. (2014), *Estudio Digital Integral del Conjunto de Bodegas Históricas de la Localidad de Aranda de Duero*, URJC.
- Blaya, F., Nuere, S. y Islán, M. (2019), «Art and Science: 3D Technologies at the service of Culture», *What's New in the New Europe? Redefining Culture, Politics, Identity*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.
- Blaya, F., Nuere, S., Islán, M. y Reyes-Téllez, F. (2017), «Aplicación de la digitalización para el estudio, conservación y explotación turística del patrimonio: un caso práctico de un conjunto de bodegas subterráneas - declaradas Bien de Interés Cultural (BIC)», *Arte, Individuo y Sociedad*, Vol. 29 No. 1, pp. 167-180.
- Calleja, E. (2008), «Planos bodegas Aranda de Duero», editado por Duero, A. de A. de, Aranda de Duero (Burgos), España.
- CARANDINI, A. (2010), *Storie dalla Terra. Manuale di scavo archeologico*, editado por Editore, G.E., Roma.
- Fossier, R. (2000), *El trabajo en la Edad Media*, editado por Crítica, Barcelona (España).
- Harris, E.C. (1979), *Principles of Archaeological Stratigraphy*, editado por Press, A., London-San Diego.
- Harris, E.C. (1991), *Principios de Estratigrafía Arqueológica*, editado por S.A., C., Barcelona (España).
- Iglesia, J. (2003), «Importancia del vino en el desarrollo económico de villa y tierra de Aranda (s.XVI). Estudio de las bodegas», *Biblioteca: estudio e investigación*, Vol. 18, pp. 75-116.
- Iglesia, J. y Villahoz, A. (1982), *Viñedo, vino y bodegas en la historia de Aranda de Duero*, editado por Artes Gráficas Santiago Rodríguez, S., 1ª., Burgos (España).
- Madoz, P. (1845), *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de ultramar*, editado por Establecimiento tipográfico de P. Madoz y L. Sagasti, Madrid.
- «Ordenanzas del Gremio de Cosecheros de Vino de Aranda de Duero de 1783». (1783), *Catastro de Ensenada. Ministerio de Cultura y Deporte - Gobierno de España*.
- Polo, L.A. y Blaya, F. (2016), «La digitalización de las bodegas históricas de Aranda de Duero Del vino al turismo patrimonial», *Arqueología y comunidad: el valor social del patrimonio arqueológico en el siglo XXI*, JAS Arqueología Editorial, pp. 129-146.
- Terracota Ingenieros SL. (2010), *Inventario y Documentación Histórica-Etnográfica de la Arquitectura del Vino en Aranda de Duero*.

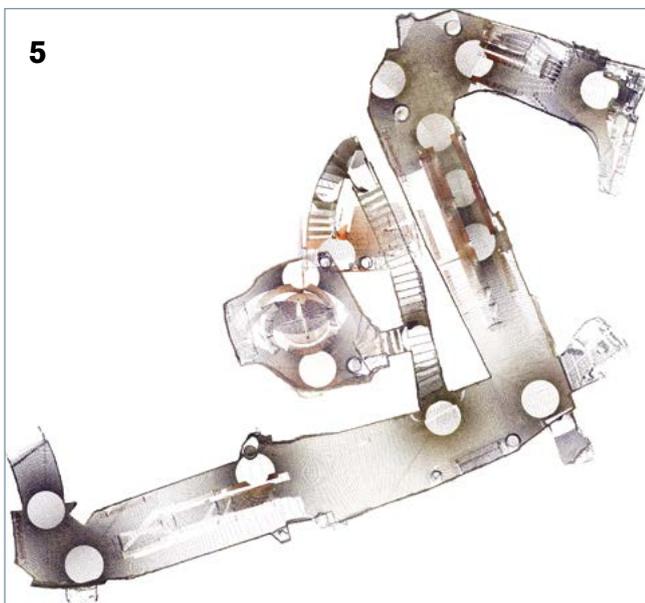
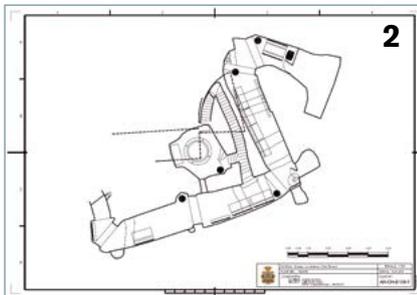


Figura 10. Bodega "Los Martínez", Peña El Jarro.

Documentación gráfica de la Bodega Los Martínez “Peña El Jarro” (material propio de los autores del artículo)



1. Infografía 3D realizada con escáner. 2. 3. 4. Planimetrías a escala y renderizadas con texturas realistas propias. 5. 6. Infografías de planificación del escaneo 3D.



Conclusiones del estudio realizado por el Comité de Expertos en Ventilación del COGITI

El muestreo de mediciones realizado en centros educativos por este comité de expertos, confirma la necesidad de contar con medidores de CO₂, como referencia objetiva que indique el tiempo de ventilación natural necesario para mantener una calidad de aire interior apropiada para minimizar el riesgo de transmisión del COVID-19 por aerosoles.

La ventilación de las aulas mediante protocolos basados en tiempos de apertura de ventanas es una opción recurrente, pero no suficiente para minimizar el riesgo de contagio. En la actualidad, un grupo de trabajo formado por expertos del Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI) y el Consejo General de Colegios Médicos de España (CG-COM) está trabajando en la elaboración de un documento-guía sobre este asunto, con la realización de mediciones en centros escolares, anticipando que los datos hasta el momento analizados confirman lo manifestado en anteriores ocasiones sobre la falta de garantía que supone la ventilación natural sin una referencia objetiva sobre la calidad del aire en los mismos.

Las conclusiones de las primeras mediciones vienen a coincidir en su mayor parte con las de expertos de otras asociaciones y colectivos. Hasta el momento, el COGITI se había manifestado sobre este asunto en base al conocimiento y experiencia que del mismo tienen sus asociados y expertos, y ahora, con el trabajo inicial de campo desarrollado por su comité de expertos, ven de nuevo la necesidad de que sus conclusiones se difundan para contribuir a minimizar los riesgos de propagación del SARS-CoV-2 en las aulas.

La infección por vía aérea mediante aerosoles se ha confirmado como el principal modo de contagio del SARS-CoV-2 entre personas ocupantes de espacios interiores, y actualmente la concentración de CO₂ en los mismos resulta ser el parámetro de referencia más fácilmente medible, objetivo y muy válido para determinar si la ventilación es la adecuada, de cara a minimizar el riesgo de contagio del virus, al no ser eficaces los protocolos basados en establecer tiempos intermitentes de ventilación.

Dicha situación ha incrementado de manera inusual la demanda de medidores de CO₂, lo cual ha propiciado la aparición en el mercado no profesional (sobre todo internet) de multitud de



El comité de expertos del COGITI confirma la necesidad de contar con medidores de CO₂ en las aulas de los centros educativos. Foto: Shutterstock.

ofertas de venta e instalación de estos equipos y otros sistemas "purificadores de aire", que en muchos casos no resultan adecuados para el fin perseguido, ya sea por su tipología o por una elección inadecuada del equipo respecto al espacio en el que se instalará.

El comité de expertos en ventilación (HVAC) del COGITI, en base a la práctica inexistencia de sistemas de ventilación adecuados en las aulas, medidores de CO₂, y a los datos obtenidos en sus mediciones ha realizado una serie de recomendaciones, características y prestaciones mínimas que ha de tener un medidor de CO₂:

- Tecnología de medición sensor CO₂: infrarroja no dispersiva NDIR (Non Dispersive InfraRed).
- Rango medición: mínimo 400 hasta 2000 ppm (recomendable mayor rango).

- Resolución de medición: 1 ppm.
- Precisión: $\pm 5\%$
- Otros parámetros de medida: HR% y T^a ambiente.
- Alarmas: muy recomendable que disponga de alarma sonora con posibilidad de elegir el nivel de concentración de CO₂ a la que sonará.
- Alimentación: importante analizar las posibilidades de montaje del medidor cerca de una base de enchufe (230VCA), en caso contrario elegir modelo con baterías recargables o pilas.
- Registro de datos: memoria de mediciones realizadas / software análisis / datos exportables xls / csv (opcional, permitirá el registro y análisis de las mediciones).

Más información: www.cogiti.es.

Las empresas siguen demandando ingenieros a pesar de la pandemia

El portal ProEmpleoIngenieros analiza los perfiles más demandados en el sector industrial, ya que constituyen un perfil clave para impulsar la innovación.



Foto: Shutterstock.

Los ingenieros constituyen para las industrias y empresas del sector un perfil clave para impulsar la innovación, garantizar la calidad y competitividad de los productos, y mejorar la seguridad en los negocios. Su gran polivalencia y capacidad de adaptación son dos de las principales cualidades de estos profesionales que señalan sus empleadores.

A pesar de la pandemia mundial en la que estamos inmersos, y de un mercado laboral cada vez más competitivo, esta profesión sigue siendo una de las más demandadas por las empresas. Así se desprende de los últimos datos analizados por el portal ProEmpleoIngenieros (www.proempleoingenieros.es), la primera plataforma integral de empleo para Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la rama industrial de nuestro país, dirigida a impulsar sus carreras profesionales, puesta en marcha en 2014 por el Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI).

En la actualidad, el número de ofertas de empleo vigentes en el citado portal

es de 1.145, procedentes de empresas que demandan ingenieros. Desde su puesta en marcha, hace seis años, se han registrado un total de 1.950 empresas en el portal, es decir, una media de 325 al año; aunque este número descendió sensiblemente en el periodo más duro de pandemia (entre el 14 de marzo y el 21 de junio), cuando se registraron 66 empresas, coincidiendo con el momento de mínima actividad empresarial. Entre el 21 de junio y el 30 de octubre, se produjo un ligero repunte, ya que se registraron 85 nuevas empresas. En lo que llevamos de año, el número de compañías que demandan ingenieros de la rama industrial, registradas en ProEmpleoIngenieros, asciende a 204.

Perfiles más demandados

En este ámbito, el perfil más demandado es el de Ingeniero de proyectos, principalmente en el ámbito de las instalaciones. Este ingeniero es el encargado de desarrollar los proyectos de obras de Ingeniería en sus diversas áreas, ya sea Estructural, Hidráulica, Eléctrica, Elec-

trónica, etc. En este sentido, analiza e interpreta los planos de los proyectos, efectúa los cálculos de los proyectos de obras de Ingeniería según el área de trabajo asignada, y realiza cómputos métricos y memorias descriptivas, a fin de aportar la información necesaria para el desarrollo físico. Además, revisa y analiza la información del proyecto e informa a la persona que lo lidera sobre el resultado del análisis; al mismo tiempo que elabora y presenta informes técnicos de las actividades realizadas.

En segundo lugar, los puestos más demandados son los relacionados con las áreas de Seguridad y Salud, y la Prevención de Riesgos Laborales dentro de una obra, es decir, el Técnico de Prevención de Riesgos Laborales y el Coordinador de Seguridad y Salud. El técnico se encarga de que se cumplan todas las medidas de prevención en el trabajo desarrollado en el día a día, como verificación de EPI's y de señalizaciones de la obra, análisis de riesgos, investigación de accidentes, etc.; mientras que el Coordinador de Seguridad y Salud tiene

como función principal la de coordinar la aplicación de los principios generales de dicha prevención, es decir, las actividades de la obra para garantizar que se apliquen los principios de la acción preventiva por parte de contratistas, subcontratistas y autónomos.

En tercer lugar, se encuentran los Ingenieros relacionados con la Industria 4.0, principalmente Ingenieros de automatización (PLC's y SCADA's) y robótica. La Ingeniería en Automatización y Control Industrial es una rama de la Ingeniería que cada día presenta mayor demanda en el ámbito industrial, debido al rápido avance tecnológico que presentan los procesos de producción que tienen las empresas; lo cual requiere de profesionales altamente capacitados en el área, que se encargan de los sistemas de control y supervisión de datos, la instrumentación industrial, el control de procesos y las redes de comunicación industrial, etc.

Entre las áreas donde estos profesionales desarrollan su trabajo, destaca el sector de la industria centrado en los campos de la minería, celulosa, compañías petroleras, petroquímicas, energía eléctrica, metalmeccánica, automotriz, textil, o alimentación, entre otras que requieren de una optimización en su sistema de producción.

Por otra parte, en lo que respecta los sectores laborales con mayor demanda de ingenieros, destaca el ámbito de Servicios de Ingeniería, seguido de cerca del Sector de la Energía y a continuación el Sector Industrial; y en especial, en este último, la automoción, la siderometalúrgica y la automatización industrial.

En cuanto a la localización, en el conjunto de las comunidades autónomas, la mayor parte de las ofertas de empleo proceden de Madrid, seguida de Cataluña (sobre todo el área de Barcelona), y a continuación la Comunidad Valenciana, en especial la provincia de Valencia. En cuarto lugar se encuentra Andalucía, con Sevilla a la cabeza. Asimismo, aunque en menor medida, en la Plataforma ProEmpleoIngenieros también se reciben ofertas de trabajo procedentes de países extranjeros, principalmente de Europa, como Alemania y Países Bajos.

Salarios y contratos más habituales

Un dato reseñable es el referente a los salarios. En este sentido, los más habi-

tuales en las ofertas de empleo de las empresas registradas en la plataforma ProEmpleoIngenieros, que han indicado la franja salarial, son los que se sitúan entre los 24.000 y los 30.000 euros brutos anuales; seguida de cerca de la franja que va de los 30.000 a los 38.000 euros al año, y a continuación, los salarios que fluctúan entre los 18.000 y los 24.000 euros.

En relación al contrato de trabajo que ofrecen las empresas, el más habitual es el contrato indefinido, seguido por el contrato por obra o servicio.

Acreditación DPC

Otro dato relevante que cabe destacar es el hecho de que, cada vez más, las empresas valoran especialmente que los candidatos tengan un "currículum acreditado". En este sentido, el COGITI cuenta con el Sistema de Acreditación DPC Ingenieros, un sello de garantía avalado por la institución, como órgano representativo de la Ingeniería Técnica Industrial, que aporta una certificación de la formación y la experiencia a lo largo de la vida profesional.

El Sistema de Acreditación DPC Ingenieros (www.acreditacioncogitidpc.es) otorga, por lo tanto, un "título profesional" identificativo de los ingenieros que accedan a dicho sistema, en base a su carrera y competencias profesionales (formación y experiencia laboral), basado en tres principios fundamentales: empleabilidad, movilidad y competitividad de los ingenieros.

De este modo, de las empresas que colaboran con la Acreditación DPC (Desarrollo Profesional Continuo) y la valoran como un aspecto a tener en cuenta en sus procesos de selección, el nivel más solicitado es el Senior, seguido de cerca por el Junior y, en menor medida, por el Junior Plus.

Perfil del demandante de empleo

En lo que respecta a los ingenieros demandantes de empleo, es destacable el dato de que una gran parte de los candidatos inscritos para acceder a las distintas ofertas de trabajo, residen en la Comunidad de Madrid, seguida en segundo lugar por el Principado de Asturias y a continuación por la Comunidad Valenciana.

El perfil más habitual entre los demandantes de empleo es el de Ingeniero Técnico Industrial, con tecnología específica en Mecánica, seguido por el de

Graduado en Ingeniería Mecánica y por el de Ingeniero Técnico Industrial con tecnología específica en Electricidad, con una edad comprendida entre 25 y 35 años. En cuanto al género, el porcentaje de hombres que buscan empleo es del 81,14%, frente al 18,86% de mujeres, por lo que se trata de una profesión muy vinculada todavía al sexo masculino, aunque la tendencia está cambiando en los últimos años.

Por otra parte, también cabe destacar que en lo que llevamos de este año, se ha incrementado en casi 300 el número de usuarios registrados en la plataforma, con respecto a 2019: 1.267 ingenieros/as (del 1 de enero al 30 de octubre de 2020), frente a los 1.003 que hubo en ese mismo periodo de 2019. Es probable que esta circunstancia se deba a la situación de crisis generada por la pandemia de la COVID-19.

En lo que respecta a la situación laboral de las personas registradas en ProEmpleoIngenieros, la más habitual, en lo que llevamos de año, ha sido la de desempleado (68,7%), seguida por la de empleado por cuenta ajena (22,27%). Si se compara con el año 2019, ha subido casi 10 puntos el número de personas desempleadas (el año pasado representó el 59,84%), y al mismo tiempo, ha descendido en 7 puntos el de empleados por cuenta ajena (29,7% en 2019). Estos datos también pueden ser achacables a la situación de crisis generada por la pandemia del coronavirus.

Papel fundamental de las Ingenierías

El presidente del COGITI, Jose Antonio Galdón Ruiz, destaca "el papel fundamental que las Ingenierías, en su conjunto, y las del ámbito industrial, en particular, tienen para afrontar con éxito esta situación, sobre todo en los ejes que vertebran el futuro inmediato, como son la transición energética y la digitalización de la sociedad en su conjunto, por las que están apostando de manera decidida".

"La trepidante evolución tecnológica está produciendo un alto grado de autoexigencia a todos los profesionales de la Ingeniería, que tenemos que redoblar esfuerzos para estar permanentemente reciclados e informados, y de esta forma conseguir trasladar esa competitividad y desarrollo a la sociedad. Estamos en un momento crítico y tenemos que dar cada uno lo mejor de nosotros mismos", afirma.

José Antonio Galdón Ruiz, nuevo presidente de INGITE

El presidente del Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI), José Antonio Galdón Ruiz, será el encargado de liderar a partir de ahora esta nueva etapa, que aspira a unir y reforzar el conjunto de las Ingenierías que forman parte del Instituto de Graduados en Ingeniería e Ingenieros Técnicos de España (INGITE).

El nuevo presidente de la institución tomó posesión de su cargo el pasado 25 de noviembre, durante un acto celebrado telemáticamente, aunque en diciembre está previsto celebrar un acto institucional para presentar la nueva Junta de Gobierno a la sociedad y a los medios de comunicación.

El Instituto de Graduados en Ingeniería e Ingenieros Técnicos de España (INGITE) es una entidad de carácter científico, en la que están integradas las instituciones que representan a las distintas ramas de la Ingeniería Técnica y Arquitectura Técnica (Aeronáuticos, Agrícolas, Industriales, Obras Públicas, Telecomunicaciones, Forestales, Minas, Navales, Topógrafos y Arquitectos Técnicos, así como la Asociación de Graduados en Ingeniería e Ingenieros Técnicos del ICAI y Universidad Pontificia Comillas), constituida al amparo del artículo 22 de la Constitución Española y de acuerdo con la legislación vigente. Actualmente aglutina a más de 350.000 profesionales.

El nuevo presidente del INGITE ha manifestado que “trabaja para unir y coordinar una nueva mega estructura basada en todo lo que nos une, y en compartir para ser más fuertes y más útiles a nuestros colegiados y a la sociedad”.

Además, ha adelantado que pondrá “todo su empeño para que de una vez por todas se pongan las bases para adecuar, al entorno europeo y mundial, el sector de las Ingenierías en España, y se lleven a cabo las reformas necesarias, sobre todo en el ámbito de la Función Pública, donde se sigue sin reconocer e implementar la reforma de Bolonia, como si que ocurre en el ámbito privado”.

Entre sus principales objetivos, destaca su apuesta por fomentar la competitividad y visibilidad de los profesionales, con modelos de acreditación del desarrollo profesional continuo (experiencia y formación) que pongan en valor las competencias individuales de los profesionales, y por modelos de habilitación profesional por parte de los Colegios, como



José Antonio Galdón Ruiz, actual presidente de COGITI, y nuevo presidente del INGITE.

instrumentos necesarios para trasladar seguridad y profesionalidad a la ciudadanía.

Galdón asume el proyecto “con mucha ilusión y con mucha responsabilidad”, por cuanto es consciente de la situación actual y de la importancia del papel que tiene que asumir la Ingeniería en su conjunto, para lo que va a hacer falta “estar más unidos que nunca, colaborando y compartiendo para sumar”.

Jose Antonio Galdón Ruiz es Doctor por la Universidad Politécnica de Valencia, Graduado en Ingeniería Eléctrica e Ingeniero Técnico Industrial, Presidente del Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Técnicos Industriales de España (COGITI), y ocupa también los cargos de Vicepresidente de Unión Profesional, Decano del Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid (COGITIM), Secretario General del CNE de la Federación Europea de Asociaciones Nacionales de Ingenieros (FEANI), Presidente de la Fundación

Técnica Industrial (FTI) y Director de la Cátedra internacional de Política Industrial y Energética de la UCAM (Universidad Católica San Antonio de Murcia), entre otros.

De este modo, con motivo de la renovación de cargos de la Junta de Gobierno del INGITE, se ha llevado a cabo el procedimiento electoral reglamentario, por el que han quedado electos los candidatos únicos presentados a cada uno de los cargos ejecutivos elegibles. En el nuevo equipo de gobierno que gestionará el INGITE durante los próximos cuatro años, José Antonio Galdón estará acompañado por el actual presidente del Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas e Ingenieros Civiles, Carlos Dueñas Abellán, como vicepresidente de la institución, y por el presidente del Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Técnicos y Grados en Minas y Energía, José Luis Leandro Rodríguez, como vocal económico. Más información: www.ingite.es.

“Tecnologías para el mundo 5.0”, mesa redonda de Maker Faire Galicia

El COGITI ha sido colaborador del mayor evento virtual dedicado al “movimiento maker” y la innovación de España, que se celebró del 18 al 22 de noviembre, y contó con charlas y jornadas profesionales, además de talleres que tuvieron como telón de fondo la impresión 3D.

La feria virtual comenzó con una mesa redonda sobre “Tecnologías para el mundo 5.0”, que contó con la participación de José Antonio Galdón Ruiz, presidente de COGITI. Durante su intervención, destacó que la Ingeniería siempre trata de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, a través de la tecnología y de la utilización de aplicaciones y herramientas tecnológicas prácticas. En este sentido, señaló que la sociedad se enfrenta a una evolución constante de las nuevas tecnologías, que es necesario asumir, y recordó que el propio confinamiento al que nos vimos sometidos al comienzo de la pandemia hizo que tuviéramos que aprender a utilizar nuevas tecnologías de comunicación para poder seguir trabajando y funcionando.

Por ello, desde el punto de vista del ámbito industrial, es fundamental superar la brecha digital en todos los ámbitos, incluido, por supuesto, en las propias empresas. “En relación a la capacidad tecnológica y de innovación de la empresa, nos encontramos con que existe una diferencia importante entre las grandes y las pequeñas empresas. El 14,4% del tejido productivo es única-



mente el innovador, lo que significa que hay cerca de un 86% que no está innovando”, explicó Galdón.

“Los avances tecnológicos van a gran velocidad y ello hace que sea necesario un reciclaje continuo, por lo que la presión es total, ya que es muy fácil quedarse desfasado”, señaló. Todo ello hace que se esté cambiando significativamente el modelo tecnológico de las empresas.

Otro reto importante de la sociedad actual es el debate sobre la implantación de la Inteligencia Artificial, y de cómo nos van a afectar las cuestiones

éticas. En este sentido, manifestó que “siempre hay que poner a las personas en el centro de dichas cuestiones, y al mismo tiempo marcarnos unas pautas de desarrollo sostenible, que habrá que asimilar”; sin olvidar que “las tecnologías nos van ayudar a conseguir esos objetivos”.

Por último, se refirió a la necesidad de digitalización de la sociedad, en general, y a la capacidad tecnológica de las empresas. Esta fue una de las principales conclusiones del informe «Impacto económico de la COVID-19 sobre la empresa», que se presentó el pasado mes de junio de forma conjunta con el Consejo General de Economistas. Las empresas que respondieron a la encuesta, con cuyas respuestas se elaboró el citado informe, señalaban la necesidad llevar a cabo dicha digitalización en la sociedad, es decir, que las nuevas tecnologías sean aplicables al ámbito social.

En la mesa redonda, Galdón estuvo acompañado de destacados ponentes, como Marta Pita (Investigadora en el laboratorio QuTech de Física Cuántica de la Universidad de Delft y Young Talent Award 2019), que habló sobre los materiales cuánticos y la computación cuántica; Federico Ruiz (Jefe del Observatorio Nacional 5G de España), que centró su intervención especialmente en las tecnologías 5G; y Vicente Moret (Catedrático del departamento de Ciencias de la Computación y Tecnologías de la Información en la UDC, Universidad de A Coruña).

Vuelve una nueva edición del Barómetro Industrial 2020

El COGITI, en colaboración con los Colegios de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales, ha lanzado un año más el cuestionario dirigido a los colegiados para que aporten su visión sobre la situación actual del sector industrial, como profesionales de referencia en este ámbito, y que quedará reflejada en el IV Barómetro Industrial del COGITI – Cátedra Internacional COGITI de Ingeniería y Política Industrial (UCAM), correspondiente a 2020.

El plazo para responder a la encuesta, en la que se obtuvieron cerca de 3.400 respuestas, finalizó el pasado 22 de noviembre, y el siguiente paso será analizar todos los datos extraídos para elaborar el informe nacional de IV Barómetro Industrial, que será presentado próximamente, tanto a los medios de comunicación como a la sociedad, en

colaboración con el Consejo General de Economistas.

Este barómetro, cuya primera edición se realizó en 2017, pretende ser un documento referente del sector, mediante la elaboración de un estudio sociológico en el que, a través de las respuestas ofrecidas por los Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería

de la rama industrial de todos los ámbitos productivos y de toda la geografía española, se valora la situación actual del sector en España. Por tanto, el Barómetro tiene por objeto ofrecer datos relevantes y que sean de interés en la toma de decisiones, tanto para los representantes del ámbito público como para el sector privado.

TODO LO QUE DESEAS PARA ESTAR Y SENTIRTE SEGURO LO TENEMOS EN MUPITI



▶ SEGURO DE ACCIDENTES



Si un accidente te produce un fallecimiento tus beneficiarios tendrán el dinero que hayas contratado, y si te causa una invalidez podrás seguir adelante económicamente.

▶ SEGURO DE VIDA



Por si un accidente o una enfermedad te causan un fallecimiento o una invalidez. En estos casos, podrás disponer tú o tus beneficiarios del dinero que hayas seleccionado. También puedes contratar el doble o el triple del capital principal.

▶ SEGURO DE PROTECCIÓN POR ACCIDENTE DE CIRCULACIÓN



Puede suceder en coche, moto o medio de transporte terrestre. Como conductor, pasajero o peatón. Si el accidente te causa una invalidez que no te permite hacer ningún tipo de trabajo, podrás cobrar el dinero que hayas elegido. Y gratis: Defensa por multas de tráfico, asesor jurídico telefónico y entrega a domicilio de medicamentos 24h/365 días al año, allí donde estés.

▶ SEGUROS MULTIRRIESGO Y DIVERSOS



¿Necesitas seguro para tu coche, casa, dron, o teléfono? ¿De salud, decesos, incapacidad temporal, etc.? Pues tenemos acuerdos preferentes con las mejores compañías. ¡Pregúntanos!

▶ SEGUROS PARA TU JUBILACIÓN



Tenemos varias opciones para que ahorres a tu ritmo y te asegures cobrar una pensión cuando te jubiles. Con ventajas fiscales o con liquidez, tú eliges. Y con una rentabilidad garantizada, sin riesgos, pues es un seguro.

▶ PLAN DE PREVISIÓN ASEGURADO MUPITI (PPA)



Planifica tu futuro ahorrando a tu ritmo y asegúrate un dinero para cuando te jubiles. Incluye un seguro de vida en caso de fallecimiento. Con ventajas fiscales y una rentabilidad garantizada, sin riesgos, pues es un seguro. Y puedes movilizar el dinero de otros planes de pensiones al PPA y viceversa, sin ningún coste.

▶ INVIERTE EN EL SEGURO BAMBÚ



¿Tienes dinero para invertir, pero no quieres arriesgarte a perderlo? Este es tu producto. Es un seguro con liquidez y rentabilidad garantizada. Tu aportación o inversión la podrás retirar sin penalización a partir del primer año, pero también puedes mantenerla y retirarla cuando lo necesites. Tú eliges.



Más Info: 900 820 720 o virginia@mupiti.com

mupiti.com

Ignacio Mangut Romero

Profesor en la Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología de la Universidad Rey Juan Carlos

“En el sector de la ingeniería tenemos la suerte de poder encontrar un trabajo prácticamente todos”

Mónica Ramírez

Un conocido programa de televisión, el concurso “Pasapalabra”, ha dado a conocer la pericia y sabiduría de Ignacio Mangut Romero, que se ha hecho muy popular tras su participación, a lo largo de 79 programas, en este concurso de definiciones lingüísticas. Han sido casi cuatro meses en los que los telespectadores han podido ver y familiarizarse con el concursante que entraba a diario en sus casas, a través de la pantalla. *Técnica Industrial* no ha querido dejar pasar la oportunidad de conocer un poco más a este profesor universitario, Graduado en Ingeniería Mecánica por la Universidad de Extremadura, de 27 años y natural de Badajoz (donde está colegiado), aficionado además a la música y al tenis. Un buen ejemplo de cómo la formación y los estudios técnicos que ha realizado, junto a los conocimientos que ha adquirido posteriormente, le han ayudado a llegar lejos en este programa de televisión, ya que ha demostrado un nivel cultural como pocos. También puso de manifiesto, en diferentes pruebas, su gran capacidad de memoria y de agilidad mental.

Debido a su popularidad, Ignacio Mangut se ha convertido en una fuente de inspiración para muchos jóvenes, al demostrar que la cultura no es una disciplina exclusiva ni de letras ni de ciencias, y les anima a estudiar una ingeniería de la rama industrial, dado que les ofrecerá un amplio abanico de posibilidades en el futuro.

¿Qué le animó a estudiar una Ingeniería?

Mi padre es arquitecto técnico y desde pequeño me gustaron las ciencias, aunque tuve muchas dudas con respecto a la elección de la carrera. Diría que mi decisión combinó las salidas laborales con la cantidad de asignaturas en las que se estudian ciencias base como matemáticas, física o dibujo técnico, que realmente era lo que más me atraía. Además de



Ignacio Mangut Romero durante una entrevista realizada por el Consejo Extremeño de la Ingeniería Técnica Industrial (CEXITI). Foto: CEXITI – AlexFo.

esto, yo prefería seguir viviendo en Badajoz y allí podía estudiar Ingeniería sin problema.

¿Estos estudios cumplieron sus expectativas?

En muchos aspectos sí, desde luego; considero que aprendí mucho, sobre todo en los primeros años. Es cierto que las carreras nunca son como te las imaginas, hay asignaturas y profesores muy diferentes, me quedo con lo bueno. A día de hoy me alegro sobre todo de controlar las ciencias básicas de varias áreas. Creo que este conocimiento es útil para abordar una gran variedad de problemas, y que no puede adquirirse en otros estudios, en general, personalmente prefiero tener formación básica en muchas áreas que especializarme en algo concreto, y creo que las ingenierías de la rama industrial te lo permiten.

¿Qué enseña la Ingeniería en la resolución de problemas técnicos profesio-

nales? ¿Y en el día a día, en la vida cotidiana?

En cuanto a los problemas técnicos, pienso que con una buena base matemática, física y algo más específica según qué problema abordes; combinando estos conocimientos con el buen uso de las normativas, en general puedes encontrar una buena solución. Todo esto se aprende en la carrera.

En cuanto al día a día, pienso que el hecho de conocer los fundamentos teóricos de varias áreas, te permite solucionar algunos pequeños problemas de la vida cotidiana. Por otra parte, la propia dificultad de la carrera en algunas asignaturas, me refiero a la dificultad real de los contenidos de algunas áreas, no a la dificultad artificial que añaden los malos profesores, te hace consciente de que todo se puede resolver de alguna forma u otra.

¿Qué ventajas o valores añadidos destacaría de la Ingeniería Técnica



Ignacio Mangut en un momento de su participación como concursante en el programa Pasapalabra. Foto: Antena 3.

Industrial, y de sus Escuelas, sobre otras carreras técnicas?

Veo dos ventajas, la primera es que son títulos que dan acceso a una profesión regulada, lo cual siempre es un seguro, puesto que puedes dedicarte a trabajar por tu cuenta sin ningún problema; pero sin duda, en la línea de lo que comenté anteriormente, son unos estudios que te permiten formarte en muchas áreas, de tal forma que no cierras ninguna puerta en cuanto a tu futuro, te aporta las bases para dedicarte prácticamente a lo que quieras, otras carreras son más específicas y tienen salidas menos variadas.

¿Qué reflexión haría para proponer estudios de Ingeniería a los estudiantes que van a iniciar una carrera universitaria?

Lo primero que les diría es que hay que estudiar lo que a uno le gusta. Si te gusta tocar el piano, lo que tienes que hacer es ir al conservatorio, si no, no serás feliz, que es lo importante. Pero dando por hecho que te gustan las ciencias, pienso que, por una parte, la formación como ya he dicho es variada y completa, lo cual ya es positivo, pues esos conocimientos siempre son útiles. Además de esto, destacaría la facilidad para encontrar empleo, aunque esto aún debe mejorar, ya que hay muchos puestos de trabajo mal pagados y prácticas no remuneradas. Pienso que en el sector de la ingeniería tenemos la suerte de poder encontrar un trabajo prácticamente todos.

¿Cómo descubrió su vocación por la docencia?

Mi madre es profesora de lengua y de francés. Mi padre, aunque se ha dedica-

do a varias cosas, durante mucho tiempo también lo ha sido. He tenido la suerte de que me enseñaran prácticamente todo lo que sé cuando era pequeño; lo hacen con gusto y son buenos profesores. Es un trabajo muy gratificante ya que, si lo haces bien, notas cómo ayudas a las personas a aprender. También me inspiraron los profesores que tuve a lo largo de mi vida estudiantil, los buenos y los malos; a veces, en la universidad, hay profesores que no valoran el daño que pueden hacer al alumnado. Cuando observé eso, decidí que al menos en la medida de lo posible, evitaría que pasara, y el mejor camino que se me ocurrió fue ser profesor de universidad.

¿Qué opina de la labor de los colegios profesionales? ¿Cómo pueden ayudar al colectivo en su trayectoria profesional?

Mi opinión sobre los colegios profesionales es muy buena; de hecho, mi trabajo lo conseguí gracias a ellos. Pienso que es algo que sale barato, luchan por los intereses de la profesión y ofrecen ayuda siempre que la necesitas.

Además de ser profesor en la Universidad Rey Juan Carlos de Madrid, se ha hecho muy popular por su faceta televisiva, ya que ha sido concursante del programa de televisión "Pasapalabra" en varias ocasiones. La última vez durante los últimos meses. ¿Cómo recuerda su paso por este espacio televisivo?

Lo recuerdo con una gran alegría. Desde la primera vez que fui, ha sido una experiencia muy buena. Por una parte he aprendido muchas cosas, el diccionario

y cultura general, eran dos temas que antes del concurso no dominaba para nada, y a raíz de ese aprendizaje he podido disfrutar más del tiempo libre. Ahora conozco muchos libros, películas, series, etc., que antes no conocía, entre otras cosas.

Además de esto, el dinero que he conseguido me ha dado una tranquilidad que me hace muy feliz, la verdad. Sé que pase lo que pase, siempre tendré un buen colchón y puedo vivir con tranquilidad. Mi objetivo es trabajar por gusto y no por obligación, y creo que el programa me ha permitido estar más cerca de conseguirlo.

¿Cómo se preparaba para el concurso? ¿Pienso que le ayudaron sus estudios de Ingeniería?

Lo más importante es ver todos los programas, esto te ayuda a afianzarte en más de 20 aciertos prácticamente siempre. Hay que apuntar todas las palabras que no te sepas y aprendértelas, ya que a veces se repiten. Además de esto, tengo un resumen del diccionario solo con palabras muy difíciles, y estudio esa base de datos combinada de las dos fuentes para intentar acertar las máximas posibles.

Sin duda, de forma general podría decir que estar acostumbrado a resolver problemas variados me hizo plantearme de forma muy clara el objetivo de mi preparación y buscar el camino óptimo. Pienso que el tiempo que dediqué a esta planificación me ha ahorrado decenas de horas de estudio. De forma más específica, los conocimientos de programación, que aprendimos en primero, me han servido para programar algunos Excel con funciones muy útiles para el estudio.

¿Volverías a participar?

Espero que sí, pero depende del programa. Yo estoy dispuesto y encantado; seguro que tengo otra oportunidad más adelante.

Y si te llevaras el bote, ¿has pensado a qué lo dedicarías?

Depende de la cuantía, pero creo que lo más sensato es empezar por comprarme una casa, y según lo que me sobre, creo que, en este orden, invitaría a mis amigos y familia a unas vacaciones, me compraría un piano de cola, y el resto, pues no sé, lo tendría guardado para vivir tranquilo.

Helena Flores Álvarez

Directora de IT (Information Technology) en ABB. Cofundadora & CEO de Euphoria Studios

“Tenemos que visibilizar la utilidad de las ingenierías y su proyección social”

Mónica Ramírez

Helena Flores es una de las ingenieras elegidas para participar en el proyecto "Mujeres ingenieras de éxito y su impacto en el desarrollo industrial", el programa que ha puesto en marcha la Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la rama industrial de España (UAIIE), y que incluye la exposición itinerante "Mujeres ingenieras de éxito".

Su brillante currículo, como ingeniera en Informática por la Universidad de Murcia, le hace merecedora de ello, y más aún si se tiene en cuenta que en 2018 recibió el Premio Ewoman Murcia a la Trayectoria Profesional by CaixaBank. Con cerca de 20 años de experiencia en el sector TIC/Digital, ha liderado proyectos y equipos internacionales para multinacionales como GE, SABIC y ABB. En la actualidad, dirige un equipo internacional en esta última, que implementa e integra soluciones tecnológicas que facilitan la transformación digital de las áreas de ingeniería y fabricación para adaptarlas a los requerimientos de la Industria 4.0. Muy comprometida, además, con el desarrollo profesional de la mujer en la Ingeniería y con romper la brecha de género que existe en este sector, preside la asociación Talento STEM, cuya misión es promover actividades y programas que despierten vocaciones científico-tecnológicas en edades tempranas con especial enfoque en niñas y jóvenes.

¿Desde cuándo tuvo claro que quería ser ingeniera?

Desde niña, siempre me han gustado más las asignaturas de ciencias y además tenía en casa un gran referente, mi padre, que era físico y doctor en Informática. En mi casa y durante mi infancia, la ciencia estaba muy presente y con mi padre empecé a programar pequeños juegos. Un trivial fue lo primero que hicimos. Fue algo natural para mí elegir Ingeniería Informática al empezar la universidad.



Helena Flores Álvarez

¿Le resultó difícil su incorporación al mercado laboral como ingeniera?

No fue difícil, empecé haciendo prácticas en verano mientras estaba en la universidad, en la planta que General Electric Plastics tenía en Cartagena, que posteriormente se vendió a SABIC. Cuando terminé la carrera, me incorporé a la plantilla como ingeniera, en el departamento de Informática.

¿Cómo fueron sus inicios? ¿Le resultó difícil su incorporación al mercado laboral como ingeniera?

No fue difícil, empecé haciendo prácticas en verano mientras estaba en la universidad; primero en la planta que General Electric Plastics tenía en Cartagena, que posteriormente se vendió a SABIC, y después en la de Bergen Op Zoom (Holanda), a través de una beca Leonardo da Vinci. Al graduarme, me incorporé como ingeniera al departamento de Informática. Fue una gran oportunidad empezar mi carrera profesional en una multinacional

como General Electric, involucrarme en proyectos europeos y dar soluciones informáticas a diferentes áreas de la compañía, desde Recursos Humanos, hasta Ingeniería, Fabricación y Automatización de Procesos. Fueron 10 años realmente intensos, donde aprendí muchísimo y estuve rodeada de grandes profesionales que me hicieron crecer mucho, personal y profesionalmente. En esta etapa influyó mucho en mi desarrollo una mujer, María José Lloret. Ella fue la que me seleccionó para las prácticas de verano y fue mi manager y mi mentora durante muchos años. Realmente ella ha sido un gran referente para mí a lo largo de mi carrera.

En la actualidad, en ABB dirige un equipo internacional. De todos los proyectos que ha llevado a cabo, ¿cuáles destacaría?

Estoy especialmente orgullosa de un proyecto que finalizamos hace un par de años para nuestros equipos de Ingeniería y Fabricación de nuestro negocio de Low Voltage en Europa. Estandarizamos los procesos de diseño y fabricación y los dotamos de las herramientas informáticas necesarias para generar un prototipo virtual del producto, y digitalizar así el flujo de datos desde que obtenemos la orden del cliente, hasta que lo diseñamos de acuerdo a sus requerimientos y lo fabricamos.

Esta digitalización del proceso de inicio a fin y la integración de todos los sistemas que dan soporte al mismo, desde las herramientas de diseño, pasando por el PLM, ERP y MES nos permitió incrementar el nivel de automatización de nuestros procesos en la fábrica, en concreto los de ensamblado y cableado eléctrico de nuestros productos de medio y bajo voltaje, incrementando así nuestra productividad y calidad.

Este proyecto no solo fue un reto técnico para todo mi equipo, en particular para mí supuso un gran aprendizaje en gestión del cambio y liderazgo de equipos multidisciplinares incluyendo pro-

veedores externos de tecnología, con los que colaboramos de forma muy estrecha.

¿Cuáles son las principales dificultades a las que se enfrenta en su día a día en el desempeño de su trabajo? ¿Y las mayores satisfacciones?

El área de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) ya no es únicamente un área de soporte como lo era antes, se ha convertido en un *partner* clave en la definición de la estrategia y en el logro de los distintos objetivos de la compañía. Tenemos que entender nuestros procesos de negocio, a nuestros clientes y proveedores, y junto con el resto de las áreas, ofrecer soluciones tecnológicas que den respuesta a los retos a los que nos enfrentamos actualmente. Cuando esta colaboración interna funciona, somos capaces de desarrollar proyectos como el que he comentado anteriormente, que tienen un gran impacto en nuestros objetivos de negocio y contribuyen a la digitalización de nuestra organización.

Este año está siendo especialmente complicado debido a la crisis generada por la pandemia, ¿cómo ha afectado a su sector y a la empresa donde trabaja?

Ahora estamos aprendiendo lo que realmente es un entorno VUCA (volátil, incierto, cambiante y ambiguo). La velocidad es clave en situaciones de crisis. Cuanto antes reaccionemos antes redirigiremos la situación y minimizaremos las pérdidas. Desde mi área es fundamental que sigamos dando apoyo a las iniciativas de transformación digital e innovación de nuestra compañía, que nos permitan mejorar la relación con nuestros clientes y proveedores, y a ser más ágiles y flexibles en nuestros procesos productivos.

Por otro lado, compagina su labor en ABB con la creación y consolidación de Euphoria Studios, una *start up* de innovación social desde donde alumbró BlueUnicorn, para mejorar la intervención y calidad de vida de las personas con Trastorno del Espectro Autista (TEA), a través de tecnologías como la realidad aumentada, la realidad virtual y los videojuegos. ¿Cómo surgió este proyecto de innovación social y en qué consiste exactamente?

Este proyecto nace del corazón y de la necesidad vital de ayudar a mi hijo mayor, que tiene autismo, a comprender y des-

envolverse en un mundo, que realmente no está adaptado a él. Las personas con TEA son aprendices visuales y necesitan anticipación para sentirse más seguras y aprender. Tecnologías como los videojuegos, la realidad aumentada y virtual son herramientas perfectas para ellos, ya que nos permiten crearles entornos virtuales y seguros donde pueden entrenar y aprender cualquier habilidad que queramos que adquieran.

En concreto BlueUnicorn recrea un patio de colegio virtual donde el niño o niña con TEA puede aprender a jugar a juegos tradicionales, como el *pilla-pilla*, el escondite o el pañuelo y a relacionarse con sus iguales de una manera segura y guiada, para posteriormente generalizar el aprendizaje al entorno real y natural de juego mediándote técnicas de gamificación. Conseguimos así que mejoren sus habilidades sociales e impactamos positivamente en la inclusión de este colectivo en el entorno escolar.

Es necesario trabajar en proyectos con impacto social, en iniciativas con un propósito que vaya más allá del puramente económico, que sean realmente transformadoras y mejoren la calidad de vida de las personas.

Además, preside la asociación Talento STEM, cuya misión es promover actividades y programas que despierten vocaciones científico-tecnológicas en edades tempranas con especial enfoque en niñas y jóvenes. ¿Qué actuaciones llevan a cabo en este sentido?

Desde Talento STEM desarrollamos el programa internacional Technovation Girls en la Región de Murcia, cuya misión es inspirar a niñas y jóvenes a resolver problemas de su entorno mediante el uso de la tecnología y el emprendimiento. Las niñas trabajan durante 12 semanas, guiadas por un mentor o mentora, en un reto de su comunidad alineado con los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU, y crean un prototipo de una aplicación móvil para darle una solución. Además, desarrollan el plan de negocio y los materiales de marketing necesarios para llevar la idea al mercado.

En la edición 2019, participaron 170 niñas y en la de 2020, a pesar de las dificultades ocasionadas por la pandemia, conseguimos que 24 equipos presentaran su proyecto, cerca de 90 niñas. Además, colaboramos con las diferentes universidades de la región y con el Instituto de Fomento en actividades divulgativas y

formativas, como Ciencia y Tecnología en Femenino o la Semana de la Ciencia.

¿A qué cree que se debe esta falta de vocaciones técnicas?

La acusada falta de referentes femeninos y la poca visibilidad de la utilidad social de las ingenierías empujan a las chicas a decantarse por carreras sanitarias, humanidades y ciencias sociales. Se tiene una idea abstracta, alejada de la proyección y utilidad social que realmente ofrece el desempeño de la profesión.

¿Cómo se podría mejorar esta situación?

Visibilizar la utilidad de las ingenierías y su proyección social, desarrollando programas y actividades que permitan a nuestras estudiantes comprender mejor las profesiones STEM, su utilidad e impacto social. Y por supuesto, poner en valor la labor de mujeres profesionales en la rama STEM.

En 2018 fue galardonada con el premio eWoman Murcia a la Trayectoria Profesional by CaixaBank. ¿Qué supone este galardón para usted?

El objetivo de los premios eWoman es servir de altavoz para mostrar los casos de éxito de mujeres que están destacando por su trayectoria profesional y liderazgo en el entorno digital y tecnológico. Buscan realmente reconocer y poner en valor la presencia y labor femenina en el ámbito STEM, y es en ese sentido en el que yo lo encajo. Para mí, este galardón fue un impulso para seguir trabajando por la visibilización de las carreras STEM y al papel que realizamos las mujeres que pertenecemos a este entorno.

¿Cuáles son sus próximos proyectos?

Desarrollar proyectos con realidad aumentada, tanto en ámbito industrial como el de la innovación social. La Realidad Aumentada es una tecnología que permite superponer elementos virtuales sobre nuestra visión de la realidad. Para las personas con autismo, tiene un potencial inmenso, ya que nos permite proporcionar ayudas visuales mientras el usuario está realizando interacciones naturales en su entorno habitual, lo que facilita el aprendizaje y la transferencia a otros contextos y situaciones.

En el sector industrial podemos dotar a las personas de mucha más información, para hacer su trabajo de una forma más eficiente y segura, mejorando su productividad.

VALENCIA

>> Expertos internacionales debatieron sobre el futuro de los motores de automoción en THIESEL 2020

Más de cien expertos internacionales del sector de la automoción dieron a conocer los últimos avances científicos para mejorar la eficiencia y reducir las emisiones contaminantes de los motores de inyección directa, tanto diésel como gasolina. Ha sido en el marco de la conferencia internacional THIESEL 2020, organizada por el Instituto CMT-Motores Térmicos de la Universitat Politècnica de València (UPV). El encuentro se desarrolló del 8 al 11 de septiembre en modalidad *on line*.

Organizada cada dos años por el Instituto CMT-Motores Térmicos desde el año 2000, esta conferencia está consolidada como una de las citas de referencia mundial en el ámbito de la I+D+i sobre las futuras plantas motrices en el sector del transporte tanto de personas como de mercancías.

Entre los participantes en esta edición ha destacado la presencia de investigadores de compañías como Renault, Delphi, Nissan, Aramco, Horiba, General Motors, Scania o Valeo, y de importantes centros de investigación, como Sandia National Laboratories (EE. UU.), IFP Energies Nouvelles (Francia), AVL (Austria), KTH (Suecia) y el RWTH (Alemania), entre otros.

Las sesiones de la conferencia, con visualización de vídeos a demanda, se pudieron disfrutar entre los días 8 y 20 de septiembre, y presentaron las últimas novedades y trabajos sobre la inyección y combustión de los motores, el control de emisiones contaminantes y nuevos conceptos ligados a la hibridación de los vehículos, así como del modelado de estos procesos. "De esta forma, Thiesel 2020 constituye una oportunidad única para conocer teorías y métodos que ofrecen soluciones respetuosas con el medio ambiente; genera además una gran expectación en el sector automovilístico con los últimos descubrimientos y tecnologías", apunta José María Desantes, catedrático de la UPV y director del Instituto de Investigación CMT-Motores Térmicos.

José M^a Desantes señala que el futuro de los motores de combustión interna está cuestionado de forma general, cuando se compara con otras alternativas (híbridos, eléctricos...). En cualquier caso, Desantes afirma que seguirán en el mercado con diferentes grados de hibridación, compitiendo con los vehículos eléctricos y los vehículos propulsados con pilas de combustible.

"La generación masiva de hidrógeno a partir de energías limpias, junto con técnicas de secuestro del CO₂, permitirá la síntesis de e-combustibles que aparecerán en el mercado especializándose y adaptándose perfectamente a los modos de combustión que hoy conocemos. En definitiva, tenemos ante nosotros un futuro para las próximas décadas que es fascinante y aguarda a nuevas ideas y tecnologías, así como a un refinamiento y desarrollo de las actuales", señala el director del Instituto CMT-Motores Térmicos de la UPV.

Y en ese futuro, Desantes incide en que la reducción de las emisiones de CO₂ es en este momento uno de los grandes retos de la industria del automóvil. En este sentido, el Pacto Verde Europeo ya ha definido un objetivo de neutralidad climática para el año 2050, con un paso intermedio en 2030 definido también, que fija una reducción de, al menos, el 50% en las emisiones de gases de efecto invernadero respecto a la situación base de 1990.

Próxima década

Para Antonio García, investigador también en el CMT-Motores Térmicos, al menos en los próximos diez años tendremos motores de combustión interna tal y como los vemos hoy en la calle. "De hecho, eso es lo que proponen todos los gobiernos. "A partir de ahí, como siempre digo, tomando como referencia al ingeniero norteamericano y experto en modelado de motores Kelly Senecal, el futuro es ecléctico, que no eléctrico. Esto implica que no habrá una única tecnología ganadora... esto no es como los videos beta y VHS... o el CD y el DVD. Tenemos un problema global que es el CO₂, y sin la integración de vehículos eléctricos híbridos (HEV), híbridos enchufables (PHEV), 100% eléctricos (BEV), Fuel Cells, e-fuels, H₂....será imposible llegar a los objetivos marcados para 2050", apunta García.

"Guerra fría" entre motores

Por su parte, Alberto Vassallo, especialista técnico en PUNCH Torino S.p.A. (anteriormente General Motors Global Propulsion Systems), apunta que en el actual período incierto, en el que se está produciendo una revolución tecnológica masiva en la movilidad, parece que se está gestando entre la propulsión eléctrica y la combustión interna una "nueva guerra fría que se asemeja a la tensión entre Estados Unidos y la Unión Soviética en los años 60".

Vassallo defiende que la propulsión eléctrica, los motores de combustión interna (ICE) y las pilas de combustible de hidrógeno pueden "coexistir pacíficamente" durante muchos años. "Cada uno puede aportar lo mejor de sí mismo para mejorar la sostenibilidad de la movilidad, caminando hacia ese futuro ecléctico del transporte, como le encanta decir a Kelly Senecal", señala.

En su opinión, es cierto que los vehículos eléctricos BEV aumentarán enormemente en esta década, "pero si nos atenemos a las cifras, en 2018-2019 se produjeron alrededor de 90 millones de motores de combustión interna. Ese es el mismo número que se pronostica en 2030 de vehículos híbridos y eléctricos híbridos enchufables, y todos ellos tendrán un ICE avanzado. En resumen, la columna vertebral de la movilidad en esta década seguirá siendo el motor de combustión interna, junto con los eléctricos. Así que parafraseando el viejo dicho: "¡El ICE está muerto, viva el ICE!", concluye Alberto Vassallo.

Descarbonización

Mientras, Amer A. Amer, jefe de Tecnología de Transporte en la multinacional Aramco, asegura que, dado que el transporte está impulsado principalmente por motores de combustión



interna –más del 99% del parque actual-, existe un margen significativo para mejorar su eficiencia y rendimiento de emisión de contaminantes, utilizando una amplia gama de tecnologías que incluyen modos avanzados de combustión del motor, arquitecturas de motor novedosas y rentables, sistemas de postratamiento, aumento de la electrificación y uso de combustibles renovables.

“Por ejemplo, la tecnología de encendido por compresión de gasolina ofrece el rendimiento de un motor diésel, pero con emisiones considerablemente más bajas. Los combustibles sintetizados a partir de hidrógeno verde y CO_2 , donde el hidrógeno verde se produce a través de la electrólisis del agua impulsada por energía renovable, ofrecen una oportunidad de descarbonización inmediata cuando se utilizan en motores de combustión interna alternativos, debido a su compatibilidad inherente con las bases fósiles y la flota de vehículos en uso. Sin embargo, esto requiere regulaciones basadas en análisis del ciclo de vida (LCA) que tengan en cuenta los beneficios del CO_2 del combustible. Es importante recordar que para lograr un impacto duradero en los GEI (Gases de efecto invernadero), es necesaria la tecnología y la elección de energía adecuadas para el sector adecuado, en el momento adecuado y en la región adecuada”, destaca Amer A. Amer.

Por su parte, Christof Schernus, presidente de EARPA, la asociación europea de investigación en automoción, apunta a una descarbonización de la flota existente con el uso de combustibles neutros en carbono y a la combinación de sistemas propulsivos según el uso del vehículo. Además, Schernus

alerta de que en el próximo programa para la financiación de proyectos con fondos de la Comisión Europea se ha dejado fuera a los motores de combustión, que siguen siendo fundamentales en motorizaciones híbridas en el medio plazo.

Organizada cada dos años por el Instituto CMT-Motores Térmicos desde el año 2000, la conferencia THIESEL está consolidada como una de las citas de referencia mundial en el ámbito de la I+D+i sobre las futuras plantas motrices en el sector del transporte tanto de personas como de mercancías.

>> Feria Virtual Internacional de Tecnología para el proceso industrial

Hace varios meses, los Comités Organizadores de EXPOSÓLIDOS, POLUSÓLIDOS y EXPOFLUIDOS tomaron una doble decisión: trasladar su celebración a los días 1, 2 y 3 de febrero de 2022, en Barcelona, y realizar una feria virtual en febrero de 2021. Ambos eventos estarán coordinados y formando parte de un proyecto común. El objetivo de este ambicioso proyecto es que decenas de miles de visitantes de todo el mundo puedan conocer las últimas novedades en la tecnología para sólidos, la tecnología para la captación y filtración y la tecnología para fluidos, así como conectar con las empresas expositoras, de forma virtual y presencial, para buscar respuestas a sus necesidades en sus procesos industriales. En la feria virtual se reproducirán los espacios y funcionalidades de las ferias físicas, donde se combina la información con la interacción.

Tras la *demia*

Luis Francisco Pascual Piñeiro

La reclusión, que no confinamiento, siempre ha hecho que meditemos y pensemos, al menos los que utilizamos todas nuestras neuronas cerebrales, mediante las 'enzimas soldado' que nos libran de los elementos aberrantes limitativos de la capacidad cerebral, para analizar, dictaminar, estudiar y postular razones y/o soluciones a los actos, cuestiones, enigmas, hechos, problemas y sucesos que diaria y habitualmente se nos presentan.

Es una forma llana y simple de tratar, como en síntesis, de explicar la ruta o camino a seguir para el desarrollo de esta exposición; una vía como otra para llegar a la postulación de conclusiones lo más objetivas posibles, con base a análisis, estudios y razonamientos seriamente planteados, un trayecto complicado pero no por ello alucinantemente atractivo, al menos para quien lo plantea y trata de llegar a postular unas soluciones posibles con su dictamen o si no, en todo caso, a dejar las propuestas forjadas y trazadas.

Volviendo al I., el relato anterior de "En, Epi y Pan", remontémonos más allá de lo en él citado, a lo esbozado en cuanto a lo sucedido reiterativamente en los siglos XV al XI a.C. en el Egipto antiguo, una época de gran esplendor, en el que se ha dado en denominar Imperio Nuevo, que en su mitad en el siglo XIII a.C. tuvo a Ramsés II *el Grande* como Faraón.

El Imperio Nuevo sucedió al Segundo Periodo Intermedio (XIX y el XVI a.C.) del Imperio Medio, un periodo difícil para Egipto con divisiones y rencillas que terminaron en una guerra de liberación; así pues los primeros faraones del Imperio Medio tuvieron que recuperar el poderío y la prosperidad que se logró en los siglos XXI y XX a.C., faraones guerreros de la XVIII dinastía al inicio del Imperio Nuevo.

Luego la XIX dinastía o Ramésida, una casta militar de emprendedores y enérgicos gobernantes, cuyo mayor exponente fue Ramsés II *el Grande*, un militar líder, promotor de artes, ciencias, construcciones y letras, que tuvo uno de los reinados egipcios más largos, en que la gran prosperidad condujo a la riqueza de Egipto. Al final de este periodo del Imperio Nuevo,

en el siglo XI a.C., las riquezas atesoradas por Egipto junto a su expansión le convirtieron en objetivo tentador por la codicia, el deseo y la envidia de otros, haciendo atractiva su invasión.

Si ahora recordamos el contenido del ya antes citado relato, veremos que en él se decía: "Otra *endemia*, que fue *pandémica* desde tiempos remotos, es la *viruela* que ya se conocía en Egipto en los siglos XV a XI a.C. como enfermedad asesina de la época"; lo que ahora nos hace comprender y pensar que aquellos movimientos, primero de expansión del Imperio Nuevo y luego de invasión de los pueblos que buscaban sus riquezas, sobre todo piratas griegos del Mar Egeo, con alta probabilidad, fueron la causa y el motivo de la expansión de la viruela en el Imperio Nuevo durante tres o casi cuatro siglos.

Tras ello, hay múltiples ejemplos de distintas épocas sucesivas, todos ellos motivados y provocados con certeza por los movimientos de grandes cantidades de individuos a distancias considerables, ya los enumeramos en el primer, llámémosle capítulo, de esta siniestra epopeya de la vida reciente de la humanidad, en la que pensamos que se termina venciéndola, pero no acabamos de ver el final de la '*demia*', de esta '*pan*'; ahora nos dicen que hay que esperar la vacuna para poder bajar la guardia frente a ella, pero no acaba de llegar al menos pronto para todos.

Dejando de lado, por lo distantes en el tiempo y los avances médicos y tecnológicos, aquellas *demias* sufridas por la humanidad hasta el siglo XVIII, entre ellas la *viruela*, hasta que a principios del XIX se comenzó con su vacuna; y recordemos, en ese tiempo más cercano, la tercera peste bubónica o *peste negra* originada en China a finales del siglo XIX. También en el siglo XX, tras la Primera Guerra Mundial, la virulenta *gripe*, que se dio en llamar la Dama Española, *pandemia* que se extendió por todo el mundo, causando en Europa un importantísimo número de muertes.

Las condiciones y formas en que se han desarrollado siempre las guerras han ido evolucionando con el tiempo y

con la tecnología militar que ha hecho avanzar paralelamente a la sociedad y el bienestar social, pero la gran o la mayor evolución habida en la guerra militar, a mi modo de ver, comenzó por la guerra nuclear no iniciada, con el lanzamiento de las bombas sobre Hiroshima y Nagasaki. Luego, a mitad del siglo XX, se pasó a la llamada 'guerra fría'. Hoy, menos de un siglo después, sólo algo más de medio siglo, la guerra es muy diferente.

La guerra desde hace algún tiempo, hay quien dice que desde dicha segunda mitad del siglo XX, es principalmente biológica y hasta incluso podemos decir bacteriológica y/o virológica, lo que vuelve a poner en el objetivo la *pandemia* que aún estamos padeciendo, y si no, miremos un poco hacia atrás en el reciente pasado, observando las evoluciones geográficas de las *En*, *Epi* y *Pan* que han afectado a la humanidad, y veremos que la mayor parte y las más virulentas han tenido su gran propagación por las guerras y los grandes movimientos humanos a causa de ellas.

Y, me pregunto yo, "¿por qué no podemos no sólo suponer, sino considerar con posible certeza que algo similar ha sucedido en este siglo XXI?" No es ni sería descalabrada la suposición, y probablemente sea confirmada en el futuro, probablemente lejano, no en el que nosotros podamos ver, sin más que recordar y observar los movimientos de masas, motivados por el turismo, sin que quiera ni pretenda estigmatizarlo, pero que han llevado a movimientos ingentes de personas, en orden de cientos de millones por todo el planeta; junto con la globalización, que ha hecho que el desarrollo de un comercio mundial casi sin fronteras haya movido también a gran número de personas a países, digamos poco seguros clínicamente.

Hoy, a los pocos días de levantado el mal llamado confinamiento, yo lo llamo reclusión, además nos ocurre a nosotros, que vemos pasar a nuestros vecinos avanzando en una desescalada que, por incompetencia e inoperatividad de nuestro 'mando' vemos que, como en otras ocasiones estos dos últimos años, se-

guimos en el 'vagón de cola' de nuestros socios y vecinos; y no cabe ante ello más que preguntarse ¿cómo y por qué tendrán que regalarnos nada, cuando en realidad no hemos demostrado haber hecho algo para lograrlo? Verdaderamente, nos falla lo fundamental, 'el mando', que tiene la obligación de saber mandar y hacerlo con conocimiento y razonamiento. Hoy no lo puede ni quiere hacer, por verse atado por los compromisos vergonzantes, que de momento no conocemos, que le obligan por su 'letra pequeña' a consentir y hacer lo que no debe ni debiera.

Este es momento de no dejar llevarnos por la euforia y continuar recordando que los casos continúan apareciendo, el riesgo de contagio sigue estando ahí, y por tanto, el peligro de ser nosotros los contagiados al recibir el virus en nuestro cuerpo. Hoy es tiempo de comenzar a cambiar costumbres, formas y hábitos de vida, para evitar volver a la nefasta y triste situación pasada y a un nuevo hundimiento de nuestra economía, que seguramente no podremos superar.

Tras la 'demia', la vida tal cual la conocíamos antes es evidente que va a cambiar, en general en los comportamientos y en particular en las acciones, porque

lo vivido, aun no siendo en 'carne propia', nos está haciendo meditar para el cambio; pero algo más nos ha hecho a la mayoría, al menos a mí, que hace diez años, por circunstancias no al caso, me encapsulé en una campana impenetrable de cristal blindado anti cañonazos, en la que solamente hace cuatro dejé entrar a una personita, a mi nieto.

Y, precisamente porque son muchos los que en este tiempo de reclusión nos han dejado y ya no están con nosotros, cercanos o no tanto, familiares y amigos, vecinos y conocidos, no sólo por el virus de esta *pandemia*, sino también por otras causas naturales o por enfermedad, de los que no hemos podido despedirnos como hubiéramos querido por las circunstancias de confinamiento conocidas, es bueno recordar y necesario para reconfortarnos, traer aquí la frase máxima de un clásico:

"La vida de los muertos está en la memoria de los vivos." Marco Tulio Cicerón (106-43 a.C.)

Hoy a mí esta situación vivida y observada de lo sucedido a otros, lejanos o no tan lejanos, ha cambiado mi pensamiento

y mis sentimientos. Mi dureza se ha desvanecido en parte; espero que no se haya convertido en blandura, pues ambos conceptos pueden ser coetáneos. El blindaje está desapareciendo poco a poco y cada vez me encuentro y noto más susceptible a las emociones externas, sean o no directas mías o a los míos, quizás precisamente por eso, porque instintivamente las asimilas, equiparas o relacionas a y con los tuyos.

Ahora es el momento, éste es nuestro tiempo tecnológico, el tiempo de los técnicos, pero hay que saber venderse, nuestra asignatura pendiente; hay muchas nuevas salidas laborales de nuestra profesión que cada uno debe explorar, planear y ejecutar por sí mismo o con la ayuda de compañeros, porque muchas de las nuevas situaciones de trabajo profesional requieren o mejoran con la colaboración de varios compañeros. Es un nuevo y esperanzador futuro, sobre todo para los más jóvenes, pero hay que coger 'los machos' y ponerse al 'tajo'.

Fuentes: Red Internet, Libertad Digital, News Medical y Nueva Tribuna.

Luis Francisco Pascual Piñeiro es Perito Industrial e Ingeniero Técnico Industrial.

PUBLICACIONES



El legado de la industria Miguel Ángel Álvarez Areces (editor)

Editorial Centro de Iniciativas Culturales. CICEES. 695 págs.
ISBN 9788494596605

El Legado de la industria es el volumen 17 de la colección "Los Ojos de la memoria", que tiene más de setenta trabajos. El artículo introductorio es de Miguel A. Álvarez Areces, titulado "Fábricas y Memoria" y que, junto a más de setenta trabajos en setecientas páginas, conforma esta publicación sobre archivos, bibliotecas y fototecas de empresa, que compila los trabajos presentados a las XVII Jornadas Internacionales de Patrimonio Industrial organizadas por INCUNA en el año 2015, con ponentes de España, Francia, Bélgica, México, Argentina, Uruguay, Italia, Chile, Brasil, Portugal, Alemania y otros países.

La publicación se desarrolla en cinco apartados principales, donde cerca de un centenar de autores procedentes de 13 países, con presencia de experiencias de todas las comunidades autónomas españolas, reúnen y enfatizan las temáticas y contenidos resaltados por los organizadores del evento: el papel de la industria, volviendo a las fuentes como tarea primigenia. En segundo término, el acervo documental como materia prima para la investigación, la clasificación y la puesta en valor del patrimonio industrial. En tercer lugar, las fuentes documentales del patrimonio industrial al servicio de la investigación, y en una cuarta sección se exponen las nuevas herramientas tecnológicas y prácticas para la conservación y difusión del patrimonio de la industrialización; toda una casuística enriquecedora de situaciones y tipos de industria en distintos lugares del planeta.



Las claves ocultas de la ingeniería Roma Agrawal

Editorial Grano de Sal. 195 págs.
ISBN 9786079870553

Mira a tu alrededor: no importa dónde estés, seguramente un ingeniero participó en la construcción de ese espacio. Como el aire que respiramos, la ingeniería está en todas partes y la necesitamos para vivir. Roma Agrawal presenta en este libro una no-

vedosa vía de acceso a una de las principales actividades humanas, en la que ciencia y tecnología se hermanan para permitirnos habitar una casa, cruzar un puente, obtener agua fresca o decirles adiós a nuestros desechos orgánicos. Convencida de que la ingeniería es emocionante y divertida, y de que es una poderosa herramienta para resolver los problemas de hoy y de mañana, la autora se adentra en la historia de las formas, los materiales y las técnicas de construcción.

Henry Maudslay, el gran innovador de la máquina herramienta

Ingeniero e inventor británico del siglo XIX, Henry Maudslay es conocido como el padre de la industria de la máquina herramienta. Sus innovaciones sentaron una base fundamental para la Revolución Industrial, al mejorar la intercambiabilidad y precisión en la fabricación de herramientas

Mónica Ramírez

A lo largo de su prolífica vida, Henry Maudslay (1771-1831) realizó numerosas contribuciones en la fabricación de herramientas, que aportó al desarrollo de la ciencia mecánica. Además, tuvo una gran influencia en su generación, que se prolongó también en las que le siguieron, con sus inagotables expectativas de precisión y exactitud. Ciertamente, a la hora de desarrollar sus innovaciones, se benefició del trabajo realizado por quienes le precedieron, pero su gran capacidad marcó una nueva dirección en el ámbito industrial, que abrió las puertas a incontables posibilidades.

La innovación que llevó a cabo en la máquina herramienta supuso el comienzo de la construcción de maquinaria especializada en una cadena de montaje. Su invento más influyente fue el torno de corte de tornillos, que proporcionó uniformidad a los mismos, y permitió la aplicación de piezas intercambiables, un requisito previo para la producción en masa. En su momento, fue una innovación completamente revolucionaria y necesaria para la consecución de la denominada Revolución Industrial.

Aunque otros ingenieros e inventores, incluidos Jesse Ramsden y David Wilkinson, habían construido tornos antes que Maudslay, su instrumento ofrecía mejoras en durabilidad, funcionalidad y precisión, al incluir un apoyo deslizante, un tornillo de avance, engranajes intercambiables y un diseño totalmente metálico.

Sus comienzos como desarrollador

Henry Maudslay había nacido en 1771, en Woolwich, Condado de Kent, en la parte sureste de Inglaterra. Su padre era mecánico en el Royal Arsenal, en Woolwich, y con 12 años ya trabajaba con él en el arsenal, donde su tarea consistía en llenar los cartuchos con pólvora. En solo dos años, fue ascendido a



Henry Maudslay, retrato litografiado, 1827 (National Portrait Gallery, Londres).

carpintero y luego fue aprendiz de herrero en el taller de metalurgia.

A la edad de 18 años, Maudslay, que había desarrollado habilidades extraordinarias, dejó el arsenal para trabajar con Joseph Bramah, un pionero en la rama hidráulica (inventor de la prensa hidráulica) y trabajos de cerrajería, que, al poco tiempo, lo ascendió a capataz. Bramah había solicitado sus servicios en la fabricación de máquinas. Al parecer, Henry Maudslay sabía muy bien cómo hacer realidad las ideas de otras personas, hasta que empezó a materializar sus propios inventos. Trabajaron juntos desde 1789 hasta 1798, cuando Maudslay decidió embarcarse en su propio negocio.

De este modo, a los 27 años, abrió su primer taller de ingeniería en Oxford Street, en Londres, y cuatro años después se mudó a otro establecimiento, en Margaret Street, según indican las biografías publicadas sobre este insigne ingeniero e inventor. Su primer gran trabajo fue un encargo para la producción de 43 máquinas que pudieran fabricar

bloques de madera, o poleas, para que el Almirantazgo británico los usara en los Royal Dockyards de Portsmouth. La maquinaria para fabricar bloques consistía en máquinas de herramientas de metal que cortaban madera y estaban organizadas en una línea de montaje. Para ello, se utilizaron sierras recíprocas, sierras circulares, taladradoras, fresadoras y tornos, que funcionaban con una máquina de vapor de 30 caballos de fuerza, para construir bloques en tres tamaños.

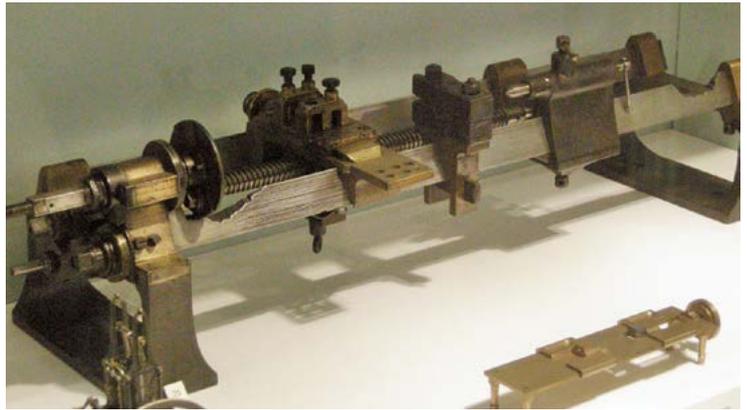
Esta fábrica de máquinas produjo más de 130.000 bloques nuevos cada año, en un periodo de casi seis años, de tal manera que diez trabajadores podían operar la maquinaria y realizar el trabajo de cerca de 110 personas, como hubiera sido necesario antes de esta mecanización. Se trata del primer ejemplo conocido de maquinaria especializada en una cadena de montaje y de la fabricación en serie. Algunos de los bloques producidos por la maquinaria inventada por Maudslay se utilizaron en Portsmouth hasta la década de 1940.

Su gran innovación: el torno de corte de tornillos

Al principio de su carrera profesional se produjo el invento más influyente de Maudslay. Entre 1799 y 1800 desarrolló un torno de corte de tornillos, que consistía en un eje, sobre el cual se montaba la pieza, conectado por una serie de engranajes al tornillo de avance, que impulsaba el carro deslizante de la herramienta. Un instrumento de acero con filo de cuchillo que se podía colocar en cualquier ángulo, determinaba el paso del tornillo o el ángulo en el que se cortaban las ranuras. De este modo, se hizo girar una barra de metal más suave mientras se cortaba con la barra de herramientas deslizante que sostenía la herramienta de corte. Debido a que el torno funcionaba con un husillo, podía avanzar a una velocidad constante, creando así ranu-



Cinco de las máquinas de Portsmouth Block Mills, diseñadas y construidas por Henry Maudslay, exhibidas en el Museo de Ciencias de Londres.



Torno de corte de tornillos construido por Henry Maudslay, hacia 1800 (Museo de Ciencias de Londres).

ras que eran uniformes en profundidad, ángulo y espaciado.

En su sistema de maquinaria de corte de tornillos, en sus machos y matrices, y en los aparejos de tornillos en general, dio el ejemplo, y sentó las bases, de todo lo que se ha hecho desde entonces en esta rama esencial de la construcción de máquinas.

Para demostrar la perfección de su dispositivo, Maudslay usó su torno de corte de tornillos para crear un tornillo de cinco pies de largo y dos pulgadas de diámetro, con 50 cortes de rosca por pulgada. La tuerca adjunta tenía 12 pulgadas de largo y 600 cortes de rosca. Aunque la primera versión de Maudslay de su torno requería que un maquinista desmontara el torno para cambiar la configuración, posteriormente añadió mejoras de diseño que permitieron al operador alterar la configuración simplemente cambiando los engranajes extraíbles. El torno original de Maudslay se encuentra en el Museo de Ciencias de Londres.

También estableció la estandarización sobre tamaños de rosca por primera vez, ya que Maudslay inventó el primer micrómetro de banco que era capaz de medir una diez milésima de pulgada (él lo llamó "el Lord Chancellor").

El torno es una de las máquinas herramienta más antiguas y su uso se remonta a muchos siglos atrás. Los primeros tornos se utilizaron para cortar y dar forma a la madera. En este sentido, los avances mecánicos de Maudslay fueron importantes, ya que desarrolló una máquina que podía usarse para construir otras máquinas. Debido a que su torno podía cortar y formar acero para herramientas, los ingenieros que luego mejoraron su trabajo pudieron proporcionar

la consistencia y precisión necesarias en una amplia gama de piezas de máquinas industriales. Además, todos aquellos trabajadores que se especializaron en el ámbito de la precisión, también encontraron de gran ayuda los avances de Maudslay, incluidos los relojeros, constructores de instrumentos científicos, como telescopios y equipos de navegación, y fabricantes de armas.

Diseño de motores

Por otra parte, Maudslay también hizo muchos avances en el diseño de motores, y con el tiempo se fue especializando en motores de vapor. Muchos ingenieros destacados se formaron en su taller, incluyendo a Richard Roberts, David Napier, Joseph Clement, sir Joseph Whitworth y James Nasmyth.

Joshua Field, un destacado diseñador de máquinas de vapor marinas, finalmente se convirtió en su socio. Junto con los dos hijos de Maudslay, Thomas Henry y Joseph, el negocio se conoció como Maudslay, Sons y Field.

Maudslay trabajó, por tanto, en estrecha colaboración con Field en el diseño de motores. En 1807 se le otorgó una patente sobre el primer motor de mesa, que se convirtió en la principal fuente de energía compacta durante años. El motor de mesa reemplazó a la viga móvil tradicional y se utilizó ampliamente en talleres mecánicos y a bordo de barcos.

Los motores iniciales eran pequeños, con solo 17 caballos de fuerza, pero posteriormente, la fábrica de Maudslay produjo motores de hasta 56 caballos de fuerza. Al final de su vida, Maudslay pidió a sus trabajadores que construyeran dos motores de 200 caballos de fuerza.

Otros inventos

Además de las máquinas herramienta y las máquinas de vapor, Maudslay tenía un gran interés creativo que abarcaba muchas otras áreas. Con sus habilidades mecánicas, siempre estaba dispuesto a emprender cualquier trabajo nuevo que requiriera el ejercicio de una habilidad especial. No importaba si se trataba de máquinas herramienta, matrices de grabado, bloques, maquinaria o instrumentos astronómicos.

Este afán por la innovación, hacía que tuviera patentes sobre numerosos inventos, incluido un método de impresión de percal, un proceso de movimiento diferencial para levantar pesas y girar tornos (con Bryan Donkin), un proceso para purificar el agua (con Robert Dickinson) y métodos para eliminar la sal y regular el flujo de agua de las calderas marinas (con Fields).

Durante la última parte de su vida, Maudslay desarrolló un gran interés en diseñar un potente telescopio, tras visitar el Observatorio de Berlín y ver asombrosas imágenes de Júpiter, Saturno y la luna.

La vida de Henry Maudslay llegó a su fin el 14 de febrero de 1831. Al parecer, según señalan sus biógrafos, después de visitar a un amigo enfermo en Boulogne, en Francia, se resfrió fuertemente durante el viaje de regreso a través del Canal de la Mancha. Al llegar a casa, permaneció postrado en la cama durante varias semanas y nunca recuperó la salud. Siguiendo las instrucciones que había dejado por escrito, fue enterrado en una tumba de hierro fundido de su propio diseño, en un cementerio de Woolwich.

Engineidea, la plataforma participativa de la UAITIE

Engineidea.es es la plataforma de innovación abierta de la UAITIE que permite a las empresas, instituciones y administraciones públicas presentar desafíos asociados a la innovación y la sostenibilidad.

Los retos son planteados a la comunidad en línea de Ingenieros, quienes plantean propuestas, ideas y soluciones creativas, motivados por incentivos económicos y/o laborales. Esta plataforma basa su método de trabajo en el *crowdsourcing*, una fórmula de colaboración abierta participativa, que consiste en externalizar tareas y realizar proyectos a través de comunidades masivas profesionales.

Ante la gran incertidumbre económica e industrial de nuestro país, la UAITIE, junto a la AITIC, han lanzado este nuevo reto en Engineidea.es, con el principal objetivo de acelerar los cambios industriales y tecnológicos que están por venir, con nuevos modelos de gestión, reconversión y adaptación de industrias existentes, mejoras en la eficiencia energética industrial, tecnologías digitales para la optimización de la productividad industrial, implementación de nuevas industrias 4.0 y soluciones industriales, aprovechamiento de los recursos y economía circular.

Nuevo reto en Engineidea: “La Ingeniería en la evolución de la industria española”

Este reto está promovido por la Asociación de Ingenieros Técnicos Industriales de Cáceres (AITIC), y junto con la UAITIE, determinarán cuál es la solución, proyecto industrial y plan estratégico más innovador, eficaz y viable para reconvertir el tejido industrial y relanzar la industria española. El ganador seleccionado recibirá un premio de hasta 2.000 €. Desde el pasado 21 de septiembre, si eres un usuario registrado en Engineidea.es, podrás acceder a todos los detalles del reto:

- Detalles técnicos del reto e *insights* de qué es lo que buscan los promotores.
- Entregables de cada proyecto.
- Criterios de evaluación de proyectos.
- Cronograma con los principales hitos del reto.
- Herramientas interactivas para presentar tu proyecto.



La Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la rama industrial de España (UAITIE) lanza un nuevo reto en Engineidea.

Nuevo triunfo de la exposición “Mujeres Ingenieras de Éxito” de la UAITIE, en Zamora



Sara García y Lillian Bouçada, nuevas ingenieras de éxito, en el acto celebrado el pasado 9 de septiembre.

El pasado 9 de septiembre, la Plaza Mirador del Teatro Ramos Carrión de Zamora fue el ilustre escenario del acto inaugural de la exposición Mujeres Ingenieras de Éxito, por parte de la Asociación de Ingenieros Técnicos Industriales de Zamora. Una vez más, se puso de manifiesto el papel fundamental de la mujer y la ciencia, poniendo en valor el talento de científicas e investigadoras de altísimo nivel. La ingeniera Eva Vega, Sara García (primera mujer europea en completar el Rally Dakar en 2020), y finalmente la ingeniera, investigadora y doctora Lillian Bouçada

de Barros, fueron las tres ingenieras de éxito incluidas en este extraordinario catálogo nacional.

El acto fue dirigido por el presidente de la Asociación de Zamora, José Luis Hernández, y junto a él participaron numerosas autoridades, instituciones y protagonistas locales: Ángel Blanco, subdelegado del Gobierno en Zamora; Ricardo Rivero, rector de la Universidad de Salamanca; Marisol López del Estal, directora de La Opinión-El Correo de Zamora; y José Antonio Galdón, presidente del COGITI.



COGITI

Formación

e-learning



➤ *Campus Virtual: Oferta formativa - Selección de cursos*

Automatismos eléctricos industriales. Elementos y simulación práctica

Reglamento de Baja Tensión RD. 842/2002

Diseño y cálculo de instalaciones de almacenamiento y distribución de gases combustibles

Reglamento de instalaciones de protección contra incendios R.D. 513/2017

Avanzado en instalaciones eléctricas industriales. Industria 4.0

Realización de Expedientes de Marcado CE de maquinaria y productos de construcción

Normativa y su aplicación para la reforma y completado de vehículos

PLCs, programación lineal y estructurada (Step7 Siemens)

Hidráulica

Automatismos neumáticos, oleohidráulicos y de vacío

Especialización en Diseño de Evacuación de Ocupantes en locales, edificios y establecimientos industriales

Fundamentos de la gestión de proyectos (Project Management Basics)

Implantación del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo según ISO 45001

El Software Libre. Desarrollo de una web con WordPress

Esto es tan sólo una muestra del catálogo de cursos técnicos que encontrará en nuestra Plataforma online. Los cursos son constantemente renovados y adaptados a las necesidades actuales.

www.cogitiformacion.es



COGITI

Consejo General de Colegios Oficiales
de Graduados e Ingenieros Técnicos
Industriales de España