



## DIRECTIVOS Y EMPREENDEDORES

INGENIEROS TÉCNICOS Y GRADUADOS EN INGENIERÍA  
DE LA RAMA INDUSTRIAL, EN LA CIMA DE LA EMPRESA

- > OPTIMIZATION OF THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF POLY(3,4-ETHYLENEDIOXYTHIOPHENE)
- > LA INGENIERÍA INDUSTRIAL EN EL DESARROLLO DE MATERIALES ÓSEOS PARA LA FORMACIÓN MÉDICA
- > ALIMENTACIÓN FOTOVOLTAICA DE VENTANAS INTELIGENTES
- > PROPUESTA DE EQUILIBRIO DEL SISTEMA ELÉCTRICO ESPAÑOL PARA 2030 Y SU IMPACTO GLOBAL

SEGURO DE AHORRO

**bambú**  
DE MUPITI

# MÁS RENTABILIDAD CON MÁXIMA SEGURIDAD

Infórmate en tu Colegio  
o en el teléfono gratuito:

900 820 720

También en:

[info@mupiti.com](mailto:info@mupiti.com)

[www.segurodeahorrobambú.com](http://www.segurodeahorrobambú.com)



1,75%

Interés garantizado  
durante el primer año.

\*Rentabilidad bruta garantizada a la que se  
descontará los gastos de administración.

#### INDICADOR DE RIESGO Y ALERTAS DE LIQUIDEZ

Indicador de Riesgo

Alertas de Liquidez

1 / 6

Este número es indicativo del riesgo  
del producto, siendo 1/6 indicativo de  
menor riesgo y 6/6 de mayor riesgo.

66

El reembolso, rescate o la devolución  
anticipada de una parte o de todo el principal están  
sujetos a un plazo de preaviso mínimo relevante.

## CONTRÁTALO AHORA Y PROTEGE TUS AHORROS

Periodo de contratación del 1 de Octubre de 2016 al 31 de Enero de 2017. Durante el periodo de garantía no se podrá ejercitar el derecho de rescate. Una vez pasado el periodo de la garantía el interés garantizado será del 1% más la participación en beneficios que pudiera corresponder. Edad 19-79 años. Aportación mínima desde 10.000 euros (También se aplica si la suma de las aportaciones de la unidad familiar suman un mínimo de 10.000 euros). Aportación máxima: Sin limite. La rentabilidad neta (Descontados los gastos) garantizada, depende de la edad y el importe de la aportación. Solicitanos tu cálculo exacto.

# 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](mailto: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.)



**Emprendedores y directivos en la industria**

**08 Ingenieros de la rama industrial, en lo más alto de la dirección de empresas y el emprendimiento**

El perfil generalista, la capacidad de adaptación, la polivalencia y el afán de seguir aprendiendo son algunos de los factores que ayudan a los profesionales a llegar a la cima.

*Mónica Ramírez*

**13 TRIBUNA Tendencias de gestión para la mejora profesional en la industria**

*Francesca Cattoglio*

**14 La aventura de emprender**

Cada vez más ingenieros técnicos industriales crean una 'startup'. La impresión 3D, los drones y la conectividad entre máquinas son algunos de las áreas más prometedoras.

*Joan Carles Ambrojo*

**15 Máquinas que se hablan**

**16 Saga emprendedora**

**17 Ciudades como fábricas de energía verde**

**18 Las baldosas del futuro**

**19 La era de los ciberagricultores**

**20 Innovación en tiradores y torres de cerveza**

*Alba Irigoyen Gómez*

**21 TRIBUNA Una fusión de diseño, tecnología, conectividad, interacción y emoción**

*Javier Ordóñez*

**22 ENTREVISTA Dionisio Campos** Director de Fabricación de Ford España: "Los ingenieros técnicos han sabido adaptar su formación y situarse en cargos de responsabilidad"

*Mónica Ramírez*

Foto de portada: Directivo con una tableta. (Sippakorn / Shutterstock).

**ACTUALIDAD**

**04 Nuevas mejoras en los sistemas de alta concentración fotovoltaica**

**05 Tecnología inalámbrica chilena para controlar el caudal de los ríos en Italia**

*Patricia Luna*

**06 Nuevos nanomateriales tridimensionales para generar energía renovable**

**07 Patentan una tecnología que mejora los recubrimientos de los implantes dentales**

**25 Ferias y congresos**

**ARTÍCULOS**

26 ORIGINAL

**Alimentación fotovoltaica de ventanas inteligentes**

Photovoltaic Supply for Smart Windows

*Cecilia Guillén Arqueros, Víctor Hernández Elvira, José Herrero Rueda y Juan Francisco Trigo Escalera*



36 ORIGINAL

**Aportaciones de la ingeniería industrial en el desarrollo de materiales óseos para la formación médica**

Contributions of industrial engineering in the development of bone materials for medical training

*Juan Antonio Juanes Méndez, Fernando Blaya Haro y María Teresa Ugidos Lozano*



42 ORIGINAL

**A Simple Treatment for the Irreversible Optimization of the Electrical Conductivity of Poly(3,4-ethylenedioxythiophene)**

Tratamiento simple para la optimización irreversible de la conductividad eléctrica de poli(3,4-etilendioxitiofeno)

*Margarita Sánchez-Jiménez, Rafael S. Peres, Francisco Casellas, Carlos A. Ferreira, Lourdes Franco, Jordi Puiggalí, Francesc Estrany and Carlos Alemán*



50 ORIGINAL

**Análisis del sistema eléctrico español**

Analysis of the Spanish electrical system

*José Antonio Galdón Ruiz, Inmaculada Guaita Pradas, Bernabé Marí Soucase*



64 ORIGINAL

**Propuesta de equilibrio del sistema eléctrico español para 2030 y su impacto global**

Proposal for balance for the Spanish electrical system for 2030 and its global impact

*José Antonio Galdón Ruiz, Inmaculada Guaita Pradas, Bernabé Marí Soucase*



**35 Normas de publicación**

**INGENIERÍA Y HUMANIDADES**

**94 Pocas ingenieras y sin referentes**



Las mujeres son mayoría en la Universidad, pero solo el 25% en las carreras de ingeniería. La falta de referentes femeninos en el profesorado y las empresas es una de las causas que se pretende remediar.

*Pura C. Roy*

**96 Bit Bang** Letras para un emprendedor

*Pura C. Roy*

PROFESIÓN

03 **Editorial** Nuestra profesión no tiene límites

José Antonio Galdón

74 **Ingenieros técnicos y graduados de la rama industrial, el perfil más demandado por su gran polivalencia**

Según el *Informe sobre la situación del mercado laboral de los Graduados en Ingeniería de la rama industrial 2016 y perspectivas para el 2017*, elaborado por el Cogiti y Hays, en colaboración con Tecniberia, el 97% de los ingenieros ha realizado formación continua en el último año. Las empresas siguen valorando más la experiencia que la titulación académica.



76 **El Cogiti desmiente las consideraciones de la CNMC sobre la profesión de ingeniero y le pide mayor rigor**

En su sentencia desestima el recurso del Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España referente a la certificación energética de viviendas conforme al RD 235/2013 y viene a recoger las reivindicaciones que se llevan realizando por parte del Cogiti desde la promulgación de la Ley 8/2013 y su desafortunada interpretación por parte de algunas Administraciones.

77 **El Supremo da la razón a los ingenieros técnicos e ingenieros para realizar la evaluación de edificios**

78 **El Consejo General patrocina el foro de innovación e impulso a las energías renovables INNPULSA 2017**

79 **Ana María Jáuregui, decana de Colegio de Sevilla, nueva vocal de la junta ejecutiva del Cogiti**



80 **TRIBUNA** El internet de los carruajes sin caballos

Diego Besada Radío

81 **La UAITIE convoca la segunda edición del Premio Nacional de Iniciación a la Investigación Tecnológica**

82 **ENTREVISTA** Enrique Veiga González Inventor del generador de agua potable para climas desérticos y director general de Aquaer Generators: "La repercusión mundial de nuestro generador de agua potable nos tiene desbordados en la empresa".



84 **Nuevo impulso para la Escuela de Fomento Industrial con nuevas áreas de formación**

La EFI introduce nuevos cursos sobre ingeniería forense, liderazgo y competitividad, y gestión empresarial, además de desarrollo directivo.

86 **Los espacios confinados se consideran zonas de trabajo con riesgo grave y específico**



Informes técnicos

88 **Aerogenerador de baja potencia**

Este proyecto, ganador del premio Galicia sobre divulgación tecnológica e industrial de la Fundación Técnica Industrial, aborda el diseño e instalación de un aerogenerador de eje vertical de baja potencia para el abastecimiento de pequeños consumos donde la red eléctrica sea inaccesible o costosa, como boyas o luces de señalización marítimas.

María del Mar Conde Barbe



90 **El ingeniero técnico industrial y la facturación eléctrica**

Recomendaciones técnicas de un ingeniero técnico industrial sobre la tarificación eléctrica, los periodos horarios, la potencia contratada y otros aspectos que inciden en la factura de la electricidad.

Gabriel Vallejo Álvarez



**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
- Vicepresidente** Juan Ignacio Larraz Pló
- Secretario** Gerardo Arroyo Gutiérrez
- Tesorero** José María Manzanares Torné
- Interventor** Fernando Blaya Haro
- Vocales** Antonio Miguel Rodríguez Hernández y Angélica Gómez González
- Gerente** Luis Francisco Pascual Piñero

**Patronos**

Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales (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** Juan Ignacio Larraz Pló
- 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** Aquilino de la Guerra Rubio
- Castellón** José Luis Ginés Porcar
- Ciudad Real** José Carlos Pardo García
- Córdoba** Francisco López Castillo
- Cuenca** Pedro Langreo Cuenca
- Gipuzkoa** Santiago Beasain Biurrarena
- Girona** Jordi Fabrellas Payret
- Granada** Isidro Román López
- Guadalajara** Juan José Cruz García
- Huelva** David Muñoz de la Villa
- Jaén** Miguel Angel Puebla Hernanz
- La Rioja** Jesús Vellido García
- Las Palmas** José Antonio Marrero Nieto
- León** Francisco Miguel Andrés Río
- Lleida** Ramón Grau Lanau
- Lugo** Jorge Rivera Gómez
- Madrid** Manuel Corpa Peláez
- Málaga** José B. Zayas López
- Manresa** Àngel Vilarasau Soler
- Región de Murcia** César Nicolas Martinez
- Navarra** Francisco Javier Tornaría Iguelz
- 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 Mª Jáuregui Ramírez
- Soria** Levy Garijo 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** Luis S. Sánchez Gamarra
- Zamora** Pedro San Martín Ramos

# Nuestra profesión no tiene límites

Por más que algunos se empeñen en tratar de limitar nuestra capacidad de actuación según criterios y normas de hace dos siglos, la realidad muestra que los límites no existen en nuestra profesión y que cada uno de nosotros será capaz de hacer todo aquello que se proponga.

Es cierto que la *titulosis* que existe en nuestro país puede obstaculizarnos en determinados aspectos de la función pública o, por lo menos, así ocurre con los titulados en ingeniería técnica industrial, pero también lo es que ya se ha dado el salto definitivo con los actuales titulados de grado en ingeniería de la rama industrial, que, sin embargo, sí que pueden optar a los máximos niveles de la Administración. No en vano, desde las propias Administraciones que no hacen nada más que dar lecciones de una “competitividad” que no aplican, se siguen poniendo barreras al desarrollo de los profesionales, algo que, por suerte para nuestro desarrollo y economía, no ocurre en el ámbito privado. Resulta que en esta revista podremos ver que hay titulados en ingeniería técnica industrial que están dirigiendo con gran acierto grandes empresas y filiales de multinacionales en nuestro país y que, sin embargo, no podrían ocupar un puesto de director general en un ministerio, algo que para algunos hasta significará un alivio, pero que no deja de ser una restricción propia de países en desarrollo. Sin embargo, este clasismo de las titulaciones, por desgracia para todos, también se está llevando a cabo en algunas de las empresas públicas que como ocurre con la Administración, también pagamos todos los españoles con nuestros impuestos.

**“OS ANIMO A TRANSFORMARNOS EN INGENIEROS 4.0, LO QUE, ADEMÁS DE ELIMINAR LOS COMPLEJOS Y LAS BARRERAS, NOS PERMITIRÁ AFRONTAR CON SEGURIDAD TODOS NUESTROS DESAFÍOS PROFESIONALES”**

Cuando se quiere acotar la selección del mejor candidato entre solo unos pocos, se corre el riesgo de dejar fuera del proceso a profesionales mucho más cualificados y que, por tanto, generarían mucho más valor donde ejerzan su actividad, ya sea en el ámbito privado o público, y esto es algo que a algunos todavía les cuesta entender.

No obstante, si hay algo que me define es que siempre miro las situaciones con optimismo y, por supuesto, me gusta trasladar a todo aquel con el que interacciono, y por ello desde aquí os digo que esta situación está cambiando y va a cambiar, y que debemos hacerlo entre todos. Nuestro mejor argumento va a seguir siendo el trabajo que todos y cada uno de nosotros realizamos día a día, demostrando no solo nuestra capacidad y excelencia profesional, sino nuestro compromiso diario por el desarrollo de nuestra sociedad.

¿Alguien de este país concibe la industria sin la participación de los ingenieros de la rama industrial? ¿Alguien piensa



que somos prescindibles? ¿Alguien pone en duda nuestra valía profesional? No, ni lo piensa nadie, ni nadie va a conseguir que lo piensen. Y es a partir de aquí donde tenemos que marcarnos nuestras metas y objetivos profesionales y realizar todo lo que esté en nuestras manos para poder conseguirlos, que si bien no será fácil, también os digo que no es imposible.

Y esto último lo puedo afirmar de forma rotunda simplemente basándome en hechos reales y tangibles que todos vosotros vais a poder contrastar en el interior de esta revista, en la que comprobareis no solo que no tenemos cotas, sino que somos un referente profesional tanto en nuestro país como en el resto del mundo.

Y está muy claro que ni todas las personas ni todos los ingenieros somos iguales. Por eso, cada uno de nosotros deberá destacar del resto potenciando sus cualidades y los conocimientos adquiridos para competir de forma sana con el resto de profesionales, lo que significará precisamente el éxito de una sociedad moderna y desarrollada.

Tenemos ante nosotros el reto de protagonizar nuevamente lo que algunos llaman la cuarta revolución industrial, la de la industria conectada o 4.0, y no cabe duda alguna de que nuestro papel es y va a ser fundamental para llevarla a cabo, así que solo nos hace falta creer en nuestras posibilidades, que son infinitas, y tener la oportunidad de aplicarlas, que es para lo que tenemos que trabajar. Por tanto, y aprovechando el cambio de modelo productivo de la industria 4.0, os animo a transformarnos en ingenieros 4.0, lo que, además de eliminar los complejos y barreras, nos permitirá afrontar con seguridad todos nuestros desafíos profesionales sin temor a la competitividad en la que somos expertos.

**José Antonio Galdón Ruiz**

Presidente del Consejo General de Graduados en Ingeniería rama industrial e Ingenieros Técnicos Industriales de España

## Nuevas mejoras en los sistemas de alta concentración fotovoltaica

Investigadores de la Universidad de Jaén duplican el nivel de concentración de la luz solar en sistemas de muy alta concentración fotovoltaica mediante el desarrollo de nuevos dispositivos ópticos

El grupo de Investigación y Desarrollo en Energía Solar y Automática (Idea) de la Universidad de Jaén (Uja) trabaja, desde finales de 2013, en el desarrollo de sistemas de muy alta concentración fotovoltaica (HCPV, por sus siglas en inglés) que permiten concentrar la luz solar que reciben las células fotovoltaicas un gran número de veces a través del uso de dispositivos ópticos, con lo que reducen el coste de la energía generada sustituyendo el material semiconductor por lentes más baratas y de tecnología más accesible. Este trabajo ha formado parte del proyecto concedido al grupo Idea en el marco del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica de la Innovación 2013-2016, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad.

Uno de los resultados más importantes de este proyecto es la publicación del libro *High Concentrator Photovoltaics* por la editorial Springer. Se trata de la primera obra que se centra en la tecnología fotovoltaica de alta concentración, en sus fundamentos, ingeniería y aplicaciones, por lo que se convierte en una referencia en todo el mundo. En este volumen, coordinado por los investigadores de la Uja Pedro Pérez Higuera y Eduardo F. Fernández, han participado 43 investigadores de este ámbito, miembros de ocho instituciones extranjeras y cinco nacionales.

“La HCPV es una tecnología joven pero ya ha demostrado su gran potencial de crecimiento en los últimos años. Sin embargo, todavía no se ha conseguido que los sistemas HCPV puedan competir en precio con la tecnología fotovoltaica convencional”, explica Pedro Pérez Higuera, profesor del departamento de Ingeniería de la Uja y uno de los responsables de la investigación. En ese sentido, se sitúan los dos objetivos del proyecto: por un lado, desarrollar módulos compactos y ligeros con factores de concentración superiores a 2.000 soles (número de veces que se concentra la luz del Sol) y, por otro, desarrollar un sistema de control inteligente basado en sensores que permitan maximizar la potencia generada en los sistemas HCPV.

Hasta el momento, los resultados obtenidos indican un destacado salto en el nivel de concentración. En 2013, los equipos comerciales trabajaban en 500 veces y células de tamaño de 1 x 1 cm. Sin embargo, en la actualidad, ya se está logrando aumentar ese nivel de concentración a 1.000 veces reduciendo el tamaño de las células a 0,5 x 0,5 cm. “Buscamos que este tipo de tecnología HCPV sea más competitiva, económica y eficiente que la fotovoltaica convencional en una aplicación muy concreta, en lugares con altas temperaturas y mayor

exposición a la radiación, como ocurre en zonas del sur de España y del norte de África. De esta forma, se mejora la eficiencia energética el 40%, en torno al doble de la que se consigue actualmente con la tecnología fotovoltaica convencional”, indica Pérez Higuera.

Este proyecto tendrá continuidad gracias a la concesión al grupo Idea de un proyecto de I + D + i del Ministerio de Economía y Competitividad que liderarán como investigadores principales Eduardo F. Fernández y Florencia Almonacid. En él, se pretende resolver los retos que el desarrollo de la HCPV plantea mediante nuevas arquitecturas de células solares, configuraciones ópticas y mecanismos de refrigeración con el fin de optimizar la conversión eléctrica de la energía procedente del Sol para promover la transición hacia un sistema energético más sostenible.

### Campo prometedor

“En la actualidad, la concentración fotovoltaica es un campo con muchas posibilidades en el que queda un largo camino por recorrer para conseguir que esta tecnología sea realmente competitiva para producir electricidad de forma masiva. Para ello, habrá que dedicar grandes esfuerzos en investigación que nos permitan analizar la degradación de los materiales utilizados, incrementar la eficiencia de las células solares y, en definitiva, mejorar su fiabilidad a medio y largo plazo”, señala Jorge Aguilera, catedrático y responsable del grupo Idea.

“Es una de las grandes líneas de investigación que estamos desarrollando en la Uja, junto con la optimización del autoconsumo fotovoltaico que persigue conseguir: edificios carbón cero’, en los que se genera la misma cantidad de energía que se consume”, añade Aguilera. Por último, estamos trabajando también en la realización de proyectos de cooperación como el que está llevando a cabo el profesor Juan de la Casa en colaboración con diferentes universidades peruanas”.

Fuente: Universidad de Jaén



Módulos fotovoltaicos de concentración situados en la terraza de un edificio de la Universidad de Jaén. Foto: UJA

# Tecnología inalámbrica chilena para controlar el caudal de los ríos en Italia

Se prueba en dos ríos de la Toscana italiana un sistema de control de crecidas para aprovechar mejor su potencial eléctrico utilizando una tecnología inalámbrica chilena para alertar de aluviones

**Patricia Luna**, Santiago de Chile

Los ríos de la Toscana italiana Serchio y Piave cuentan desde febrero con 10 estaciones de vigilancia para la alerta de crecidas y aluviones diseñadas por ingenieros chilenos que permitirán medir con precisión el caudal de sus aguas y aprovechar mejor la generación eléctrica. El proyecto conjunto de Endesa Chile y Enel Italia traslada a Europa una tecnología diseñada en el país sudamericano con el fin de alertar de posibles aluviones, en un país frecuentemente castigado y muy acostumbrado a los desastres naturales, como ocurrió a finales de febrero cuando las lluvias en zonas de cordillera donde hay glaciares desencadenaron fuertes aluviones que sorprendieron a muchos y se cobraron la vida de al menos cuatro personas.

En el caso italiano, "los 10 dispositivos instalados, a través de un trabajo iniciado en julio pasado, permitirán optimizar la operación de las plantas de generación hidroeléctricas de la zona y mejorar el manejo de los embalses", destaca Christian Oberli, profesor de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Católica de Chile y responsable del proyecto. Se trata de redes inalámbricas de sensores, unas estaciones de menor tamaño de las que se utilizaban hasta ahora, mucho más fáciles de instalar y más baratas, lo que permite tener un mayor número de puntos de medición.

Estas estaciones están equipadas con sensores y redes inalámbricas que envían información en tiempo real a una base de datos a bajo coste, lo que puede ser analizado por las personas que operan las centrales eléctricas para evaluar y pronosticar crecidas y aprovechar mejor la fuerza del caudal de los ríos.

"Tradicionalmente, los instrumentos para medir el caudal eran grandes, aparatosos y caros, tanto por su precio como por su instalación y mantenimiento. Como consecuencia, una cuenca hidrográfica contaba solo con uno o dos como mucho, lo que generaba insuficiente información para tener datos como



Foto: Christian Oberli, junto a la estación. Foto: Universidad Católica de Chile.

cuánta nieve hay en las distintos valles, cómo ha evolucionado la temperatura en esos lugares y a través de eso inferir cuánta nieve se ha derretido, a qué ritmo se está derritiendo y cómo alimenta los acuíferos", explica Oberli.

La nueva tecnología y la multiplicidad de estaciones y puntos de medición permiten disponer de "una información mucho más fina, más granulada, de la microclimatología y la hidrometeorología en distintos puntos de una cuenca. Esa riqueza de información nos permite hacer modelamientos mucho más precisos y un pronóstico de caudales mucho más acertado", señala. "Esto antiguamente se hacía en términos estadísticos. Para tal época del año lo que convenía era generar tanto en función de la cantidad de agua que uno observa en un año típico. Hoy en día tenemos, en cambio, la posibilidad de hacer un aprovechamiento mucho más preciso y optimizado del recurso hídrico", afirma Oberli.

## Primeras instalaciones

Las estaciones se comenzaron a instalar en la Quebrada de San Ramón, una zona montañosa de las afueras de Santiago que ahora cuenta con 18 puntos de medición. El tamaño acotado de la cuenca del río en este lugar sirvió como punto de estudio antes de hacer un escalamiento y afinamiento de la tecnología a otros ríos del país y a otros países.

El coste de las estaciones, de unos ocho kilos de peso aproximado cada una, varía en función de distintas variables y los instrumentos con los que están equipados, así como la función principal a la que se orienten y depende también de cuestiones como si la información se transmite por vía satélite o a través de telefonía móvil. Con todo, oscila entre los 4.200 euros y los 21.000-28.000 euros, aunque se espera que se abarate cuando se comercialice.

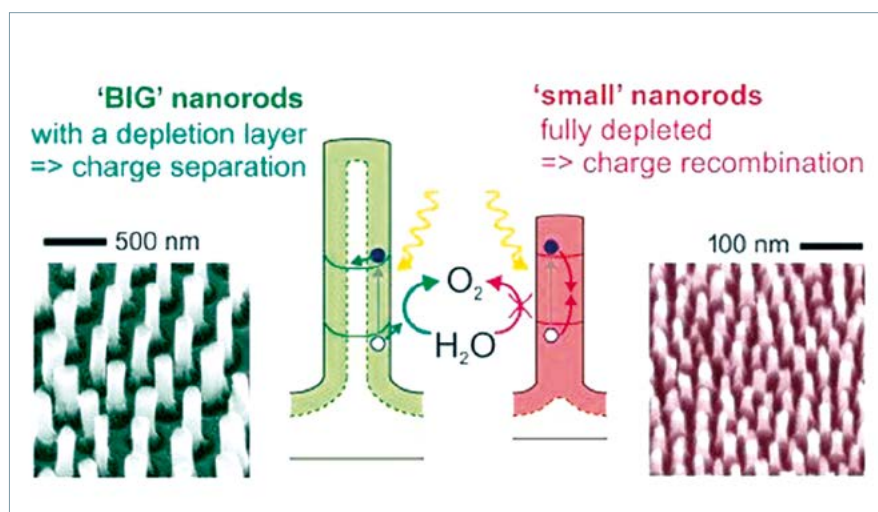
Junto al nivel de agua, humedad, temperatura y lluvia, los dispositivos están siendo equipados con sistemas de cámara para capturar imágenes a demanda, lo que podría ayudar a solucionar problemas concretos. También se están integrando sensores de intensidad de la radiación solar, que permitirá mejorar las estimaciones de derretimiento de nieve y el aumento de los caudales.

La tecnología tiene, además, aplicaciones en muchas otras áreas, como la ayuda a combatir incendios forestales, al permitir pronosticar la dirección del viento, todo lo relacionado con mediciones y ciudades inteligentes, la vigilancia del material particulado, contaminación del aire y la contaminación acústica, además de medición de radiación solar para el despliegue en lugares adecuados de generación fotovoltaica y el control del recurso del agua en actividades como la minería, entre muchas otras aplicaciones.



# Nuevos nanomateriales tridimensionales para generar energía renovable

Investigadores de España y la República Checa han creado materiales tridimensionales a escala nanométrica para producir energía mediante la descomposición fotoelectroquímica del agua



Dos agrupaciones de nanocolumnas de óxido de tungsteno con radio y altura diferentes (70/700 nm a la izquierda y 13/130 nm a la derecha). Las nanocolumnas grandes son más efectivas en la separación fotoelectroquímica del agua, ya que las cargas fotogeneradas no se recombinan rápidamente como pasa en las pequeñas. / Imagen: URV.

Actualmente se trabaja intensamente en la creación de nuevos materiales para explotar fuentes de energía renovables, virtualmente inagotables. La descomposición fotoelectroquímica del agua se está desarrollando rápidamente y representa una buena aproximación para transformar energía solar en hidrógeno, una fuente de energía limpia que se puede almacenar. En este sentido, se ha investigado el óxido de tungsteno (WO<sub>x</sub>, también conocido como óxido de wolframio) como material para la generación fotoelectroquímica de hidrógeno, es decir, mediante una reacción electroquímica inducida por un efecto fotoeléctrico.

En estos dispositivos, que ofrecen un rendimiento suficientemente bueno para poderlos utilizar en la generación de hidrógeno de manera efectiva, la superficie del material semiconductor nanoestructurado absorbe la energía solar y actúa como electrodo para la electrólisis del agua, su descomposición en oxígeno e hidrógeno. A pesar de todo, con una capacidad de absorber el 12% del espectro solar y con un límite teórico relativamente bajo por la fotoco-

rriente generada bajo iluminación solar, el material parece lejos de ofrecer las prestaciones necesarias para una aplicación práctica.

En este marco, investigadores del grupo Microsistemas y Nanotecnologías para el Análisis Químico (Minos) de la Universidad Rovira i Virgili (URV) y la Universidad Tecnológica de Brno, en la República Checa, sacan a la luz nuevos nanomateriales tridimensionales con propiedades fotoelectroquímicas para la generación de energía. Los resultados se publican en la revista *Nano Energy*.

En el estudio se han desarrollado agrupaciones autoorganizadas de columnas de óxido de tungsteno mediante la técnica de anodización (un tratamiento de protección que se aplica a los metales a través de la cual se crea una capa de óxido superficial más grande que la que se formaría naturalmente) asistida por óxido de titanio y alúmina porosa anódica, un óxido de aluminio preparado por medios electroquímicos.

Empleando diferentes condiciones de anodización, se han obtenido diferentes nanoestructuras en forma de columnas

(con diferentes diámetros y alturas). Variando las condiciones del tratamiento posterior, a 500-550 °C en vacío o aire, junto con la disolución selectiva de la alúmina porosa anódica, se ha podido controlar la composición de las nanocolumnas de óxido de tungsteno, su estructura cristalina y las propiedades eléctricas.

## Comportamiento excelente

En particular, las estructuras de diámetro más grande tratadas en aire muestran un comportamiento excelente en la descomposición fotoelectroquímica del agua: un bajo potencial de inicio, una elevada fotocorriente generada y la ausencia de signos de fotocorrosión.

Estos resultados tan prometedores son susceptibles de mejorar, si se utilizan columnas más altas y más densamente agrupadas, de forma que se pueda aumentar la eficiencia en la captación de radiación solar y en la separación de las cargas generadas.

Con esta investigación, pues, se han creado nuevos nanomateriales cuyas características permiten la descomposición fotoelectroquímica del agua y facilitan la generación de hidrógeno. Por lo tanto, esta técnica utiliza una forma de energía renovable, virtualmente inagotable que no produce gases responsables del efecto invernadero.

El estudio es fruto de una colaboración del grupo Minos (uno de los integrantes del Centro de Investigación EMaS) dirigido por el profesor Eduard Llobet, con el grupo del doctor Alexander Mozalev de la Universidad Tecnológica de Brno (República Checa).

## Referencia

Bendova M, Gispert-Guirado F, Hassel AW, Llobet E, Mozalev A. Solar water splitting on porous-alumina-assisted TiO<sub>2</sub>-doped WO<sub>x</sub> nanorod photoanodes: Paradoxes and challenges. *Nano Energy*. 2017;33:72-87. <http://dx.doi.org/10.1016/j.nanoen.2017.01.029>  
Fuente: URV.

# Patentan una tecnología que mejora los recubrimientos de los implantes dentales

La nueva invención de investigadores españoles logra una integración con el hueso maxilar de mayor calidad en menos tiempo al promover la generación ósea alrededor de la pieza implantada

Una tecnología desarrollada de manera conjunta por la Universitat Jaume I (UJI) de Castellón y a la Universidad del País Vasco (UPV-EHU) ha logrado la titularidad sobre una invención de recubrimientos osteoinductores para implantes dentales, otorgada por la Oficina Europea de Patentes (EPO).

Los examinadores de la EPO han reconocido la originalidad de la tecnología desarrollada durante ocho años por el grupo de investigación Polímeros y Materiales Avanzados, liderado por el catedrático Julio Suay de la UJI y el grupo de Biomateriales del Departamento de Ciencia y Tecnología de Polímeros de la UPV-EHU.

La tecnología patentada consiste en unos recubrimientos que, aplicados sobre la superficie de implantes óseos y en particular de implantes dentales,

logran una integración con el hueso maxilar de mayor calidad y en un menor tiempo, al promover la generación de hueso alrededor de la pieza implantada.

Estas propiedades, que ahora reconoce oficialmente la EPO, han llevado a la empresa Grupo Ilerimplant, fabricante de implantes GMI, a obtener una licencia de explotación de la patente.

Esta patente es el resultado del trabajo de un equipo interdisciplinar de 17 personas del mundo académico y profesional con experiencia en las áreas de ingeniería, química, biología, biotecnología y medicina. En el campo de la cirugía maxilofacial, el implante tiene la función de sustituir la raíz dental, creando así una pieza sólida sobre la que poder colocar la prótesis o corona dental. El objetivo, al igual que con el resto de implantes, es restaurar la función perdida.

El uso de implantes dentales se ha extendido mucho en los últimos años, dando lugar a un mercado en expansión. Sin embargo, hay pacientes que no pueden ser intervenidos por enfermedades metabólicas, hematológicas, cardiológicas o problemas del metabolismo óseo. Estos pacientes tienen mermada su capacidad para regenerar hueso y, por ello, el proceso de osteointegración del implante se ve comprometido, por lo que los odontólogos desaconsejan la intervención. Otros problemas que pueden causar el fracaso del implante son el déficit en la calidad y/o cantidad ósea, como en personas de avanzada edad o pacientes fumadores (factor de riesgo alto de fracaso del implante).

Los recubrimientos desarrollados por la UJI y la UPV/EHU se dirigen a ofrecer una solución para estos pacientes, ya que son capaces de promover la formación de hueso en pacientes con pobre calidad ósea, de modo que puedan acceder a las soluciones de la implantología dental y recuperar con ello la funcionalidad de su dentadura.

Concluida la etapa investigadora y los ensayos preclínicos que demuestran su seguridad y biocompatibilidad,

“en la actualidad está en marcha un ensayo clínico en humanos para constatar su eficacia” –comenta Suay–. Dado que se ha desarrollado una nueva tecnología que permite a los investigadores y a la empresa contar con una plataforma de liberación local de diferentes biomoléculas desde el propio implante, “ya se está trabajando en el desarrollo de nuevas y mejoradas formulaciones que favorecerán el aumento de la capacidad de regeneración ósea en el futuro”, agrega.

## Recubrimientos funcionales

La patente se encuadra dentro de los denominados recubrimientos funcionales, que son recubrimientos que poseen, además de su capacidad de aplicación y adherencia a distintas superficies, propiedades específicas de gran valor. En aplicaciones de biomedicina pueden servir como vehículos de liberación que, a partir de un implante, puedan liberar iones y moléculas de probada acción biológica en la regeneración ósea o que logren regeneración de los tejidos circundantes. Se pueden aplicar a todo tipo de prótesis, desde implantes dentales hasta de cadera y rodilla.

Actualmente, el equipo de la UJI trabaja en implantes para la regeneración ósea y la lucha contra infecciones. Han demostrado que es posible añadir a los recubrimientos de los implantes, particularmente dentales, determinados compuestos o fármacos capaces de acelerar la formación de hueso alrededor del implante (como es el caso de la patente europea concedida por la EPO) o prevenir infecciones del tejido circundante.

## Referencia:

Martínez-Ibáñez M, Juan-Díaz MJ, Lara-Sáez I, Coso A, Franco J, Gurruchaga M et al. Biological characterization of a new silicon based coating developed for dental implants. *J Mater Sci Mater Med*. 2016 Apr;27(4):80.

Fuente: UJI.



Implante dental. Imagen: UJI.



Foto: Khakimullin Aleksandr / Shutterstock.

# Ingenieros de la rama industrial, en lo más alto de las empresas y el emprendimiento

El perfil generalista, la capacidad de adaptación, la polivalencia y el afán de seguir aprendiendo son algunos de los factores que ayudan a nuestros profesionales a llegar a la cima en el sector industrial

## Mónica Ramírez

La gran polivalencia y capacidad de adaptación de los graduados en ingeniería de la rama industrial e ingenieros técnicos industriales constituyen las piedras angulares para que estos profesionales sean muy valorados por las empresas. Y es que la base generalista que adquieren en sus titulaciones del ámbito industrial, unida a la especialización y la adaptación que pueden adquirir después en las empresas para las que trabajan los convierten en un bien muy preciado por las compañías.

Desde *Técnica Industrial* hemos realizado un amplio recopilatorio de los directivos y emprendedores más destacados de los diferentes colegios de graduados en ingeniería de la rama industrial e ingenieros técnicos industriales distribuidos por todo el territorio español, del que se desprende tanto el considerable número de colegiados que ocupan puestos de dirección y gerencia en empresas, como el amplio abanico de sectores productivos a los que se dedican.

La gama de trabajos que realizan estos profesionales es muy amplia y diversa, por lo que resulta complicado elaborar una lista concreta de todas las áreas de trabajo que desempeñan o para las que están capacitados como técnicos competentes en la materia. Sin embargo, sí podemos destacar algunas de las áreas más comunes, como el sector de las energías renovables, centrales eléctricas, subestaciones y CC TT, generación, transporte y transformación energética, diseño de estructuras mecánicas y de nuevos productos de consumo, el sector de la automoción, redes e infraestructuras de comunicación y domótica, construcción de industrias, instalaciones térmicas de edificios, plantas de energía solar o eólica e investigación en I + D + i, por citar algunos ámbitos en los que desempeñan su trabajo. A ello hay que añadir la dirección de obra, la docencia, el peritaje judicial, la prevención de riesgos laborales, la redacción de proyectos de ingeniería y la certificación energética de edificios, entre

muchas otras ocupaciones profesionales.

Y es que los ingenieros del ámbito industrial ocupan, tanto en los niveles intermedios como directivos, los perfiles profesionales más demandados. Pese a la delicada situación que ha atravesado el mercado laboral en los últimos años, el último informe de Spring Professional, la consultora de selección de mandos intermedios y directivos del Grupo Adecco, sobre el perfil directivo que más demandan las empresas, sitúa a estos profesionales en los puestos más altos de la tabla.

## Formación continua

El equilibrio entre conocimiento, experiencia, habilidades y aptitudes se ha modificado sustancialmente en los últimos años. Las empresas de hoy en día buscan profesionales con una sólida formación y que, al mismo tiempo, hayan ido reciclándose en cuanto a nuevos conocimientos y nuevas tecnologías se refiere, por lo que la formación continua a lo largo de la vida es fundamental. Si

a ello unimos el dominio de uno o más idiomas extranjeros, la capacidad de comunicación, el liderazgo y el trabajo en equipo, la flexibilidad y la capacidad de adaptación a nuevas situaciones, tener ciertas cualidades comerciales, la tolerancia al estrés y la disposición a cambiar de residencia si fuera necesario, las oportunidades aumentan.

Todo parece indicar que a medio plazo asistiremos a una profunda transformación de las empresas, caracterizada por la globalización y la digitalización de sus negocios y la producción. La industria 4.0, el Big Data, la *nube* (*cloud*), el internet de las cosas, la movilidad, etc. automatizarán aún más los procesos y dotarán de potentes capacidades de análisis que permitirán simular escenarios y reducir riesgos. En este sentido, las personas y la tecnología tendrán que ir más que nunca de la mano para adaptarse a esta nueva realidad. Y ante este panorama, los ingenieros serán cada vez más necesarios y estarán más presentes en las empresas, con cuyo trabajo sin duda contribuirán a hacerlas crecer y mejorar su competitividad (un ingeniero en cada pyme industrial).

Entre los perfiles de los directivos y emprendedores del colectivo de ingenieros técnicos industriales y graduados en ingeniería de la rama industrial, encontramos tanto a jóvenes profesionales que se han embarcado en la difícil tarea de poner en marcha un negocio, como a aquellos que gracias a sus conocimientos, preparación, esfuerzo y tesón han logrado ocupar y afianzarse en puestos directivos y de gerencia de importantes empresas.

### **Empresas familiares**

A ellos hay que unir otro perfil: el de los profesionales que con su trabajo diario y buen hacer dirigen prestigiosas empresas familiares, con una trayectoria fuertemente consolidada. Es el caso de Roberto Arcos Galiano, ingeniero técnico industrial (colegiado en Albacete), presidente del consejo de administración de Arcos Hermanos, empresa fundada por su bisabuelo, y que constituye el mayor fabricante español de cuchillería y uno de los más importantes del mundo dentro de su sector. La empresa cuenta con un equipo de 500 personas distribuidas en sus centros de Albacete y Madrigueras, más los trabajadores de los centros especiales de empleo con los que la empresa Arcos colabora a través de la Asociación de personas con discapacidad de la provincia de Albacete (AMIAB).

Roberto Arcos comenzó a trabajar en la empresa en diciembre de 1976, concretamente en el departamento técnico, diseño de modelos y utillaje, métodos y tiempos y dirección técnica. Además, es el presidente de la Comisión Económica del Consejo Social de la Universidad de Castilla-La Mancha, entre otros destacados cargos en su haber.

Especial mención merece también Manuel Gómez-Franqueira Álvarez, colegiado de Ourense, que ostenta la presidencia del Grupo Coren, cooperativa que aglutina entre cooperativistas y empleados a más de 6.000 personas y que con una facturación superior a los 1.000 millones de euros, es la primera empresa agroalimentaria de España. La empresa se fundó en 1959 por iniciativa de su padre, Eulogio Gómez-Franqueira, a partir de las antiguas Uteco. Manuel Gómez-Franqueira se incorporó a Coren en 1975, en calidad de director de industrias, y después ocupó la gerencia de Producciones Ganaderas y la dirección comercial. En 1984 accedió a la dirección general y desde 2011 es presidente y consejero delegado.

## **Los ingenieros del ámbito industrial ocupan los perfiles profesionales más demandados en los niveles intermedios y directivos**

Otro directivo relevante es José Enrique Rodríguez Jorge, también de Ourense y director del Grupo Rodríguez López Auto, la primera empresa fabricante de ambulancias y vehículos especiales de nuestro país, que también exporta al resto de Europa, así como a América Latina y Sudáfrica. El origen de la empresa se remonta a principios de la década de 1980, cuando el equipo técnico que la compone se dedicaba a la fabricación de carrocerías para vehículos en general. A partir de la década de 1990 se especializó en la fabricación de vehículos de transporte sanitario, y se convirtió en menos de 15 años en líder en ventas del mercado nacional.

### **Multinacionales de capital español**

En cuanto a grupos multinacionales de capital español presididos por empresarios y profesionales de relevancia, a la vez que ampliamente laureados, cabe destacar a Sampol, empresa fundada en

1943, cuya actividad se focaliza en los sectores de infraestructuras del transporte; generación y distribución de energía; instalaciones industriales; hoteles y edificios singulares e infraestructuras de telecomunicaciones. Sampol tiene presencia permanente en España, México, República Dominicana, Jamaica, Costa Rica, Panamá y Cabo Verde, y ha desarrollado proyectos en 12 países y 3 continentes. Sus referencias incluyen más de 55 aeropuertos; sistemas de metro de 6 ciudades, plantas de generación eléctrica y cogeneración para clientes públicos y privados, e instalaciones en cientos de hoteles y resorts, hospitales y palacios de convenciones.

Al frente de este importante grupo empresarial encontramos a Gabriel Sampol Mayol, ingeniero técnico industrial mallorquín (colegiado de Illes Balears) que, entre otros importantes reconocimientos, recibió la Medalla de Oro al Mérito en el Trabajo otorgado por el Gobierno de España, en 2011, o el Primer Premio del V Concurso al Mejor Comportamiento Ambiental, organizado por el aeropuerto Madrid-Barajas, por su compromiso en la implantación de medidas para preservar el entorno, en 2013.

Gabriel Sampol empezó a trabajar en la empresa que recibe su mismo nombre en 1953, y de la que se hizo cargo 14 años más tarde, tras fallecer su padre. Durante su gestión, ha conseguido convertir una empresa familiar en una multinacional, con más de 100 ingenieros especializados, y una facturación anual de 160 millones de euros.

Por su parte, Jorge Sierra Fernández, ingeniero técnico industrial de Lugo, es el propietario de Uro Vehículos Especiales, empresa fundada en 1981, en el campo de la fabricación de vehículos todoterreno para aplicaciones industriales, y que actualmente es líder en su sector dentro del mercado español, y constituye una referencia a nivel mundial en el ámbito de los fabricantes de vehículos especializados para usos en todo terreno.

En la provincia de Granada encontramos dos destacados ingenieros técnicos industriales. Ángel Noguera Martínez, presidente de Instalaciones Negratín, grupo industrial y de servicios con presencia internacional desde 1998, que opera en los sectores de energía, industria y distribución eléctrica. En la actualidad, realiza proyectos en Europa, Latinoamérica y Asia, con delegaciones en España, Perú, Chile, México, Honduras, Japón y Reino Unido. Y

José Antonio Lopera Benítez, director de tecnología de distribución España en Prodiel, compañía de carácter tecnológico e industrial orientada a la sostenibilidad y la seguridad a través de productos y soluciones integradas de alto valor añadido en ingeniería, desarrollo, construcción y mantenimiento de proyectos de distribución y transporte eléctrico; generación eléctrica mediante tecnología renovable; proyectos de eficiencia energética; infraestructuras en tratamiento de aguas, y distribución y transporte de gas.

Desde que en 1994 iniciara su actividad, Prodiel siempre ha presentado un crecimiento continuado en toda su trayectoria empresarial, que se ha acentuado, si cabe, desde que en 2009 entrara la actual estructura accionarial y directiva. Su sede central se encuentra en Sevilla, y en la actualidad cuenta con filiales en Chile, Colombia, Perú, Brasil, México, Panamá y Marruecos. En total, cuenta con más de 800 profesionales.

También encontramos casos como el de Jordi Frigolé, ingeniero técnico industrial gerundense, actual director de la fábrica de Nestlé en Girona, que entró en la compañía en 1986, incorporándose a la entonces recién inaugurada planta de producción de Nescafé Descafeinado como técnico de mejoras del sistema de automatización de la planta. En 2000 fue nombrado jefe del departamento técnico de Electricidad y Automatización del Product Technology Centre de Orbe (Suiza) y, como tal, responsable del área técnica de automatización de todas las fábricas de Cafés y Bebidas del Grupo Nestlé en todo el mundo.

Además de la dirección de empresas privadas, este colectivo de ingenieros también ocupa puestos de responsabilidad en las Administraciones, como Adolfo Alegre Izquierdo, jefe de la sección de prevención de incendios en el Ayuntamiento de Valencia, y en organismos públicos, como Jaime Gregori Vives, que es subdirector de operaciones Este en Renfe. Ambos son colegiados de Valencia.

### Fundar la propia empresa

Hasta el momento, hemos hablado de presidentes, directores generales y gerentes de empresas, pero ¿qué podemos decir de los emprendedores? Por citar algunos ejemplos, ponemos el punto de mira en Sevilla, donde destacan varios ingenieros técnicos industriales por haberse embarcado hace ya bastantes

años en la difícil tarea de fundar una empresa, y que hoy en día se han convertido en verdaderos referentes del sector. Es el caso de José M<sup>a</sup> Piñar Parias y Rafael Rodríguez Álvarez, ambos fundadores de Elmya, empresa centrada en el sector de las energías renovables y las instalaciones eléctricas, creada en 1966 y que, actualmente, está presente en varios países de Europa y Sudamérica, ofreciendo servicios de desarrollo, ingeniería, construcción, operación, y mantenimiento. También destaca Manuel Cañete, fundador de Guadalclima, empresa fundada en 1990 y que ha ejecutado con éxito numerosos proyectos públicos y privados, y que formó parte del comité fundador de la Asociación de Técnicos de Energía de Andalucía. Además, cuenta con numerosas instalaciones pioneras y emblemáticas en todo el territorio nacional. En la actualidad, la plantilla está formada por 30 profesionales en sus diferentes departamentos, con ingenieros, arquitectos técnicos, técnicos de obra y personal de administración y atención al cliente.

## El 45% de los emprendedores que montan una empresa en España son ingenieros

También encontramos en la ciudad hispalense a Luis Viu Beltrán, fundador de Montrel, empresa de referencia en Ingeniería Oil&Gas creada 1963, con el objetivo de dar respuesta a la demanda del sector industrial a la hora de proporcionar instalaciones de ingeniería eléctrica eficientes, seguras y de elevada garantía técnica. En concreto, esta empresa realiza el diseño y la ejecución de todo tipo de instalaciones eléctricas, electromecánicas y energéticas en baja, media y alta tensión, además de ser especialistas en instalaciones especiales para atmósferas explosivas. Asimismo, desarrolla instalaciones electromecánicas para factorías y plantas industriales, subestaciones de transformación en media y alta tensión y la generación de energía eléctrica con grupos electrógenos, y cuenta con una división de ingeniería informática y seguridad privada.

Y terminamos con otro ingeniero técnico industrial emprendedor de Sevilla. Se trata de Martín Talaverón Román, fundador de Procisa, empresa creada en 1980

que se dedica a la implementación de soluciones singulares y avanzadas, tanto en proyectos de automatización, control y seguimiento de la producción, como en gestión de procesos, aplicando modernos métodos y tecnologías. Les avalan, entre otras certificaciones, las específicas de líderes a nivel mundial en automatización, como Siemens y Rockwell Automation.

Estos son solo algunos ejemplos de los numerosos directivos y emprendedores, a modo de pequeña muestra, que decidieron asumir nuevas y grandes responsabilidades, por su capacidad de liderazgo y carácter emprendedor.

En cuanto a las perspectivas de futuro, a finales de 2015, la firma de servicios profesionales KPMG presentaba un informe en el que los directivos encuestados daban por superada la crisis económica y se mostraban optimistas de cara al futuro, aunque no todos los sectores lo sean en la misma medida. Más de la mitad, el 56%, consideraba que su sector evolucionaría positivamente en el siguiente año, y el 38% pensaba que seguiría igual. Solo el 3% consideraba que evolucionaría de forma negativa. Por sectores, el más optimista es la industria del automóvil, por delante de las empresas de consumo y las vinculadas al sector químico.

### Actividad emprendedora en España

Según el último Informe GEM España (Global Entrepreneurship Monitor, la red mundial sobre emprendimiento más importante), presentado en 2016, la tasa de actividad emprendedora (TEA) sigue creciendo desde 2013, cuando sufrió un leve descenso hasta alcanzar ese año el 5,7%. Durante los últimos años se ha mostrado cierta estabilidad en la capacidad emprendedora, a pesar de que los niveles del TEA fueran superiores antes de la crisis.

El incremento de la TEA, que mide las iniciativas emprendedoras con menos de tres años y medio de vida en el mercado, supone un incremento de los emprendedores naces y una mejora en las oportunidades para iniciar un negocio. Al analizar los motivos por los que las personas deciden iniciar un proyecto empresarial, observamos en el informe que más del 73,5% de la TEA corresponde a emprendedores por oportunidad, y el 24,8% a emprendedores por necesidad. Actualmente, más de la mitad de la población considera el emprender como una buena opción profesional.

El informe sitúa a España en la media

## Directivos y emprendedores en el sector industrial

Los diez ingenieros técnicos industriales cuyas fotos y cargos aparecen bajo estas líneas son algunos de los que se mencionan en este reportaje, pero solo una pequeña muestra de los numerosos profesionales colegiados que ocupan cargos relevantes en las empresas del sector industrial en España.



**Roberto Arcos Galiano**  
Presidente del Consejo de Administración de Arcos Hermanos Colegio de Albacete



**Manuel Gómez-Franqueira**  
Presidente del Grupo Coren Colegio de Ourense



**José A. Lopera Benítez**  
Director de tecnología distribución España en Prodiel Colegio de Granada



**Ángel Noguera Martínez**  
Presidente de Instalaciones Negratín Colegio de Granada



**José Mª Piñar Parias**  
Fundador de Elmya Colegio de Sevilla



**José E. Rodríguez Jorge**  
Director general del Grupo Rodríguez López Auto Colegio de Ourense



**Gabriel Sampol Mayol**  
Presidente del Grupo Sampol Colegio de Illes Balears



**Jorge Sierra Fernández**  
Propietario de Uro Vehículos Especiales Colegio de Lugo



**Martín Talaverón Román**  
Fundador de Procisa Colegio de Sevilla



**Luis Viu Beltrán**  
Presidente y fundador de Montrel Colegio de Sevilla

de los países europeos con emprendedores motivados en formar un negocio, a pesar de que esté por debajo de la media de países impulsados por la innovación (8,5%). No obstante, España se sitúa, en este terreno, por encima de países como Italia y Alemania.

Los nuevos negocios presentan un perfil caracterizado por empresas de pequeño tamaño, de uno a tres empleados, que ofrecen servicios sobre todo a consumidores locales. Sin embargo, solo el 30% proporciona iniciativas innovadoras y la mayoría no tiene, al menos a corto plazo, aspiraciones de internacionalización.

Otros datos que destaca el informe es que 8 de cada 10 nuevas empresas pertenecen al sector servicios y consumo. Además, a pesar de que sigue existiendo una brecha de género, esta ha disminuido ligeramente en los últimos años. Actualmente seis de cada diez emprendedores en fase inicial son hombres y cuatro de cada diez son mujeres.

El principal obstáculo para emprender que han mencionado los 36 expertos que consulta el citado informe es el acceso a la financiación pública/privada, por eso recomiendan continuar apoyando la financiación de iniciativas emprendedoras, fortalecer el emprendimiento a través de la educación y fortalecer las políticas gubernamentales de apoyo al emprendimiento.

### Perfil del emprendedor

Un estudio realizado por Spain Startup, basándose en los proyectos presentados para la Startup Competition de 2016, indica que el perfil del emprendedor actual lo constituye mayoritariamente un hombre de 34 años con formación universitaria (97%) y preferentemente ingeniero, en el 45% de los casos. En cuanto a los tipos de proyectos que lanzan, hay un claro predominio de la apuesta por las nuevas tecnologías y los emprendedores primerizos. Además de las competencias habituales de un em-

prendedor convencional, el tecnológico tendrá que sumar otras como consecuencia de la relación entre el mercado al que se dirige y el peso de la tecnología en su proyecto.

Por este motivo, también deberá desarrollar todas las capacidades necesarias para desempeñar con éxito tareas como la puesta en el mercado de la I + D + i, el análisis del valor de mercado y comercial del esfuerzo tecnológico, el correcto entendimiento del ámbito de financiación y la subvención de la I + D.

En lo que respecta a la creación de empresas, el número de nuevas empresas de alta tecnología creció en 2016 por encima de la media nacional, el 12%, llegando a 5.100 creaciones, y la inversión se elevó el 99% en este sector, pasando de 75 a casi 150 millones de euros. En diciembre, las compañías tecnológicas constituidas, unas 385, supusieron el 5% del total.

El 82% de las sociedades creadas durante 2016 pertenecía a servicios de

tecnología punta, y el resto a sectores manufactureros de tecnología alta o media-alta. Por comunidades autónomas, Cataluña fue la región en la que nacieron más empresas en 2016, con 22.157, y también la que más aumentó las constituciones respecto al ejercicio anterior, al sumar 3.409 más. Por detrás se situaron Madrid y Andalucía, con 19.998 y 17.007 constituciones, respectivamente.

### Directivos más demandados

Para la consultora Spring Professional, de Adecco, los directivos y mandos intermedios más buscados y cotizados en 2016 se encuentran en el sector de la industria, como el ingeniero de aseguramiento de calidad y costes, un perfil de alta relevancia debido al interés de las grandes empresas de proyectos EPC (*Engineering, Procurement and Construction*). Este candidato debe ser capaz de aplicar de manera correcta planes de calidad según la normativa vigente dentro del área de construcción. El objetivo de sus funciones es conseguir cumplir con rigor el control de calidad del cliente, a la vez que atende los costes de proyectos, y alcanzar los objetivos marcados. El salario de estos perfiles varía de 65.000 a 90.000 euros brutos anuales.

Sin embargo, el profesional más remunerado es el responsable de proyectos de cogeneración, que ha de tener estudios de ingeniería de la rama industrial. Esta figura tiene como misión asegurar la eficiencia dentro de las empresas energéticas mientras lidera a un equipo multidisciplinar de técnicos. También se encarga de supervisar y coordinar las actividades de ingeniería, construcción y comisionado. Estos profesionales cobran de 75.000 a 100.000 euros brutos al año.

Otro perfil muy buscado por las empresas es el ingeniero de logística, responsable de optimizar el tráfico de la mercancía de la compañía y de las rutas y flujos logísticos, y que se encarga de realizar el seguimiento de los flujos de entrada y salida de mercancías considerando tiempos y plazos, así como la adaptación de los procedimientos de trabajo para lograr una máxima eficacia y calidad de servicio. Su salario abarca una horquilla de 35.000 a 40.000 euros brutos anuales fijos más un porcentaje de variable.

La *Guía del mercado laboral 2017*, elaborada por la empresa de selección de personal cualificado Hays, posiciona como los perfiles directivos más demandados en el ámbito de la ingeniería los

correspondientes a director/a industrial; director/a de producción; responsable de I + D; ingeniero/a responsable de proyectos; director/a ingeniero/a de calidad; responsable de compras y comprador/a sénior. También solicitan ingenieros/as comerciales en el ámbito del marketing.

Las posiciones de *project manager* con idiomas siguen siendo clave este año para seguir optando a asegurar una excelente gestión de los nuevos proyectos. También lo son los directores de operaciones y figuras de mejora continua, tanto ingenieros como *managers*, para asegurar una buena optimización de procesos de fabricación. Además, las empresas refuerzan, cada vez más, sus departamentos de ingeniería, I + D y diseño para asegurar crecimientos en proyectos.

## El perfil más remunerado es el de responsable de proyectos de cogeneración con estudios de ingeniería de la rama industrial

Uno de los mayores desafíos a los que se enfrentan las empresas es el de encontrar los candidatos idóneos, en particular especialistas y líderes, ya que para que una empresa funcione y salga adelante es primordial construir un equipo adecuado. Según Spring Professional, el 35% de los perfiles demandados el pasado año hacía referencia a puestos directivos; el 27% a mandos intermedios, y el 38% restante a personal técnico cualificado.

Además, la retribución ofertada en estos puestos ha oscilado entre los 45.000 y los 100.000 euros brutos al año, esto es, por encima del salario medio español, que es de 1.637 euros brutos al mes, según el último Monitor Adecco de Oportunidades y Satisfacción en el Empleo.

### Los directivos más valorados

En una sociedad como la actual, en la que la innovación es un concepto clave para mejorar la productividad, enfocada a generar resultados, el candidato ideal es un directivo capaz de transformar los negocios, de hacerlos crecer y aumentar su rentabilidad. Estos perfiles cada vez más solicitados en sectores como Sanidad, Industria y Energía.

Los principales retos a los que tienen que hacer frente para conseguir ser más

competitivos y subir escalones en la lista industrial europea pasan por que los costes de la energía no sean tan altos, acelerar la baja inversión en I + D, cambiar el marco de regulación en el que se mueve la industria, así como el modelo educativo, y elevar el pequeño tamaño de muchas empresas.

### Rango salarial

En cuanto al rango salarial, un directivo de una empresa industrial cobra de media 80.000 euros brutos al año, frente a los 75.000 euros que gana un ejecutivo con el mismo rango en el sector del comercio y el turismo. No obstante, en los cargos directivos también se producen diferencias en función del tamaño de la empresa. Así, el director general de una gran compañía gana de media 136.615 euros brutos al año, mientras que ese mismo cargo en una compañía pequeña tiene un sueldo medio de 73.500 euros.

Por otra parte, gracias a la expansión internacional de las empresas españolas, unida a la formación continua de los ingenieros y a la experiencia internacional de muchos de ellos, ha mejorado todavía más el perfil internacional y la cotización de los directivos españoles. Debido a la situación económica de los últimos años, ha habido un alto porcentaje de profesionales que se ha visto obligado a trabajar fuera de España, adquiriendo una experiencia y un *expertise* que ha mejorado su reputación en el mercado y ha elevado sus expectativas salariales.

El dominio de diferentes idiomas ha sido un elemento clave al que se añade la ventaja competitiva del español. Este es el caso de los profesionales que son particularmente apreciados en ámbitos como la ingeniería, a la que aportan el aval de su participación activa en grandes proyectos internacionales. En este sentido, la demanda nacional de posiciones técnicas ha subido el 10% respecto al año anterior por las necesidades del sector. También se *cotizan* para grandes proyectos de construcción, en diversas actividades industriales, y se valoran mucho aquellos que aportan experiencia en sectores como la automoción y la gestión de productividad.

El auge actual de los puestos directivos no responde a una moda pasajera, sino al reconocimiento y a la necesidad de contar con buenos profesionales con gran capacidad de adaptación y liderazgo; entre los que, sin duda, se encuentran los ingenieros de la rama industrial.

TRIBUNA

# Tendencias de gestión para la mejora profesional en la industria

Francesca Cattoglio

En el sector industrial, como en todos los sectores empresariales, surgen a diario nuevas realidades que reclaman nuevas capacidades y habilidades de sus directivos. Para facilitar su adaptación a estas exigencias y ayudar a las empresas a alcanzar sus metas, la formación también está evolucionando hacia una nueva visión que permita garantizar un aprendizaje exitoso y el retorno de la inversión (ROI) esperado.

Para responder a las demandas de *knowledge* y *networking* de los profesionales, empresas como iKN Spain (antes iiR) nos hemos especializado en generar espacios para el conocimiento y el intercambio de experiencias a alto nivel a través de eventos de tendencia, formaciones en abierto y a medida.

## 'Knowledge'

Un reciente estudio de Gartner reconoce que el 87% de los conocimientos adquiridos en un curso se pierden. La clave para mejorar estos resultados está en diseñar soluciones y no cursos individuales, programas de formación continua con *assessments*, planes de acción personalizados, refuerzos poscurso e integrando distintas metodologías, talleres, *coaching* y gamificación.

Los responsables deben buscar la diferenciación en sus planes de formación y un plan efectivo de mejora y cambio real acorde con los objetivos de la compañía, con una mezcla de formatos que fomente la participación activa con una premisa: en el aula tienen que pasar cosas. Es muy importante conseguir involucrar al asistente para que la formación sea mucho más eficaz. Una de las técnicas que utilizamos son los *serious games* presenciales, en los que los alumnos deben participar desde un principio, involucrándose y tomando decisiones. Por último, después de la formación es recomendable facilitar a los participantes una hoja de ruta, un modelo, *action plan*, metodología y herramientas para aplicar de inmediato en su empresa.

El área de formación clave que destaca en el sector industrial y tecnológico es la *gestión de proyectos* (<http://www.esi-sp.com>). La formación y la consultoría en esta área es la del ROI más alto, ya que repercute directamente en la rentabilidad de los proyectos y de la empresa porque permite ser más productivo a corto plazo. Esta disciplina que hasta ahora se aplicaba a los perfiles más técnicos se está extendiendo también a perfiles directivos debido a que las compañías se organizan cada vez más en torno a proyectos.

## Las fábricas españolas necesitan personas capaces de interpretar y decidir en qué invertir, cuándo y cómo para cambiar los procesos

Por otro lado, también son tendencia los temas relacionados con la innovación y la transformación de las empresas y sus profesionales para ser impulsores del cambio.

## 'Networking'

En el área de los eventos, el principal objetivo es que los asistentes se lleven ideas innovadoras para ponerlas en marcha en sus empresas, facilitar el contacto entre profesionales y generar oportunidades de negocio.

En este sentido, cabe destacar especialmente un evento que se celebra el próximo 13 de junio y que contará con más de 20 experiencias prácticas reales de plantas españolas. Se trata de Fábrica Inteligente e Hiperconectada (<http://www.ikn.es/Producto/default.asp?IdProducto=5867>).

La tecnología avanza a un ritmo vertiginoso y las fábricas españolas necesitan personas capaces de interpretar, aplicar y decidir en qué invertir, cuándo y cómo para cambiar los procesos de producción y el trabajo en fábrica.

Es una jornada en la que se analiza la transformación del modelo productivo y en la que os invitamos a participar activamente para descubrir contenidos exclusivos y vivir experiencias únicas.

## Diferenciación

La ventaja diferencial de iKN Spain estriba en nuestra capacidad de investigación, innovación y estructuración de eventos y formación respecto a los temas de mayor interés y con el mayor grado de actualización. Esto lo logramos gracias a la escucha activa que mantenemos con los directivos españoles y al importante trabajo de cocreación que desarrollamos con ellos.

El Institute of Knowledge & Networking (iKN) ha asumido desde el 1 de enero de 2017 la marca, la trayectoria y el liderazgo de un pionero empresarial: iiR España. La empresa lleva 30 años en el mercado español como referente en el intercambio de conocimiento y de generación de contactos en el mundo empresarial. Su capacidad durante este tiempo juntos ha sido indudable: 98.000 profesionales de 40.000 empresas distintas se han formado con 17.800 ponentes e instructores bajo su estructura.

Su compromiso en España es sólido. A través de formaciones en abierto y a medida, así como de eventos multisectoriales, orientamos soluciones para impulsar el conocimiento y el *networking* de los profesionales con un enfoque internacional. La compañía cubre todas las áreas funcionales y sectores con un completo *portfolio* con más de 300 programas formativos, cursos, másteres y certificaciones internacionales, tanto presenciales como a distancia ([www.iKN.es](http://www.iKN.es); [www.iKN.it](http://www.iKN.it)).

---

Francesca Cattoglio es CEO de iKN Italy&Spain. En 1989 se incorpora a la multinacional iiR (Institute for International Research), donde pronto le ofrecen la oportunidad de trasladarse desde Milán para asumir la dirección general de la filial en Madrid. Desde 1992 es la máxima responsable de la compañía en España.



Ángel Partida, ingeniero técnico industrial y fundador de la compañía de 'mentoring' empresarial Reinnovatio (Madrid)

# La aventura de emprender

Cada vez más ingenieros técnicos industriales se lanzan al ruedo de las 'startups'. La impresión 3D, los drones y la conectividad entre equipos y máquinas son algunos de los campos más prometedores

## Joan Carles Ambrojo

El espíritu emprendedor está cada vez más presente en los ingenieros técnicos industriales: el 57% de los profesionales encuestados estarían dispuestos a establecerse como autónomo o creando y dirigiendo su propia empresa, según el primer informe sobre la situación del mercado laboral de estos profesionales realizado por el Cogiti con la colaboración de Hays y Tecniberia y que ha contado con la participación de 800 ingenieros y un centenar de empresas del sector.

La inversión en el ámbito emprendedor español parece crecer. En 2016, se invirtieron 568 millones de euros en 170 startups españolas, según la recopilación realizada por el diario digital *El Referente*. Muchas pertenecen al sector digital y no abundan los ejemplos industriales. ¿Son los ingenieros técnicos poco emprendedores? "No parece haber mucho interés; vemos pocos ingenieros que vayan a emprender por su cuenta", observa Ángel Partida, ingeniero técnico industrial mecánico y fundador de Reinnovatio, una iniciativa de *mentoring* empresarial.

El informe del Cogiti también señala que el 80% de los ingenieros con empleo no ha cambiado de trabajo en el último año y el 53% rechazó nuevas ofertas por no ser adecuadas. Además, el 28% están buscando activamente cambiar del mismo, algunos, posiblemente, hacia la aventura emprendedora. En términos generales y según los datos del estudio, la situación laboral de los ingenieros fue dinámica en 2016. "También parece existir optimismo y una percepción de mejora en lo que respecta a los próximos años 2017 y 2018", dice el informe.

## Apertura de mente

Ángel Partida trabaja con grupos de apoyo a emprendedores. "Deben abrir su mente a nuevas posibilidades y no quedarse con lo que es el negocio tradicional. No siempre es necesario tener un local y equipos para emprender", dice. Al menos, los ingenieros parten con herramientas muy valiosas: "Su capacidad de análisis, de resolver proble-



Ángel Partida.

mas, de investigar y aportar soluciones, curiosidad y saber tratar con equipos y personas", añade Partida.

**"Los ingenieros tienen a su favor su capacidad de análisis, de resolver problemas, de investigar y aportar soluciones"**

Desde su perspectiva, existen numerosas oportunidades profesionales con las nuevas tendencias tecnológicas que llegan al mercado: "Por ejemplo, la impresión 3D abre muchas posibilidades a los ingenieros técnicos industriales mecánicos", dice. Y los especializados en electrónica, "que poco se diferencian de un ingeniero en telecomunicaciones, pero no parecen tener ansia por desarrollar proyectos tecnológicos ligados al Internet de las cosas, en el que comienzan a proliferar aplicaciones que son más industriales que de telecomunicaciones", explica este ingeniero, que montó su propia startup después de sufrir un ERE. Los drones, la realidad aumentada y virtual, la conectividad entre equipos y máquinas son otros campos interesantes en los que sembrar.

Cada vez más, las empresas contratan ingenieros por proyectos y, dada la escasez de técnicos en áreas novedosas, "estaría bien que las nuevas hornadas de ingenieros se especialicen en ese tipo de nichos profesionales", considera Partida. Y los profesionales con años a la espalda pueden aportar sus soluciones prácticas y reales del mundo de la empresa a la formación de los ingenieros.

## Barreras reguladoras y administrativas

Divulgación y actividades emprendedoras no faltan. Tanto a nivel nacional como internacional, existen cada vez más concursos y ferias de emprendedores donde una buena idea puede conseguir, con gran esfuerzo, eso sí, algún tipo de financiación. Sin embargo, las startups tienen que lidiar con multitud de barreras reguladoras y administrativas en los diferentes países donde nacen, como señaló Andrus Ansip, vicepresidente de la Comisión Europea y Comisario para el Mercado Único Digital, el pasado mes de marzo, en la Madrid Startup House. Según Ansip, se están haciendo cambios para eliminar esas trabas que les impiden progresar, y para fomentar la inversión entre países, se han propuesto simplificar y modernizar las normas comunitarias en materia de compras entre fronteras.

Alexis Nadal, ingeniero técnico industrial y CEO de Nayar Systems (Castellón de la Plana)

# Máquinas que se hablan

Con un modelo de gestión basado en la innovación y la calidad, la empresa integra tres firmas y su idea es gestionar más de un millón de dispositivos conectados en 40 países para el año 2025

J. C. A.

Crear empresas era un paso natural para Alexis Nadal, CEO de Nayar Systems y con ADN emprendedor. Cuando su título de ingeniero técnico industrial en la rama eléctrica desprendía el olor a tinta recién impresa, su mente ya fabricaba su futura *startup*. Había que esperar. Tras un año en una empresa de instalaciones eléctricas, Nadal compagina su ocupación con el peritaje de seguros fundando su propia compañía. Quería tomar sus decisiones, crear sus horarios, contar con sus propios clientes y organizar su trayectoria profesional orientada a su pasión, explica. Bucea en múltiples cursos de peritación de riesgos diversos, de redes de baja tensión, y de luminotecnia, entre muchos otros. Picar piedra hasta encontrar la pepita, 10 años atrás, en nombre de Nayar Systems, una ingeniería de telecomunicaciones con sede en Castellón de la Plana.

La primera financiación fue lo más crudo. “Las ayudas gubernamentales eran difíciles de conseguir y, a menudo, exigían garantías mucho más difíciles de obtener”. Al final, a rascarse el bolsillo “y ofrecer garantías personales”, cuenta Nadal.

## Tres firmas comerciales

El modelo de gestión de su *startup* basado en la innovación y en la calidad les ha permitido una amplia expansión nacional e internacional, invirtiendo el 80% de los beneficios en I + D + i, asegura. La empresa ha crecido hasta integrar tres firmas: 72horas, que suministra dispositivos GSM y servicios de comunicación máquina a máquina para la industria del ascensor, en la que es líder, afirma Nadal; Advertisim, una plataforma de comunicación para la gestión de contenidos multimedia a tiempo real, tanto en ascensores como en otros espacios; y Net4machines, una red privada virtual propia especializada en conectividad segura entre máquinas. “Con Net4machines, cualquier persona puede gestionar la VPN de su negocio y sus campos de aplicación son prácticamente ilimitados, aunque la firma cuenta con una mayor especialización en el sector de la climatización”.



Alexis Nadal.

La vorágine del día a día ha obligado a Nadal a aparcarse su actividad como ingeniero técnico. Pero trata de estar al tanto de los quehaceres del departamento de I + D + i y participa en las decisiones técnicas. “No se trata de una necesidad empresarial, pero sí vocacional. Me gusta ser una figura presente en las innovaciones que se realizan en mi empresa, si bien mi trabajo diario no puede estar focalizado únicamente en un departamento, sino en el conjunto holístico de Nayar Systems”.

**“Es fundamental mantener la mente abierta y aprender constantemente para tomar decisiones acertadas”**

El servicio que ofrece a sus clientes es, a su parecer, la mayor diferencia con la competencia. Cumplir escrupulosamente con la normativa europea es prioritario, así como ofrecer calidad en el servicio, seguridad y legalidad. “El mercado está lleno de empresas con precios bajos que brindan servicios aún más reducidos. En nuestro caso y a modo de ejemplo, ni una sola de las 300 empresas con las que operamos en el territorio nacional ha decidido cambiar nunca a otra compañía por buscar

servicios de mejor calidad”. Ser más barato equivale a no invertir en innovación y ofrecer un servicio de calidad mediocre, explica. Cuando le intentan copiar los servicios que ofrece desde la firma 72horas o tratan de imitar a Advertisim con una mala versión de pantallas representa “que lo estamos haciendo bien”, agrega Nadal.

Con fuerzas de venta en España, Portugal y Alemania, Nayar está presente en países como Emiratos Árabes, Francia, Reino Unido y Estados Unidos, entre otros. Durante este año lanzará “nuestra innovación más potente”, dice, y en 2018 inaugurará el principal centro tecnológico de investigación en IoT de la Comunidad Valenciana, con 200 puestos de trabajo. Su idea es gestionar más de un millón de dispositivos conectados en 40 países para 2025.

Reconoce que la formación de los ingenieros técnicos industriales es bastante técnica “y, a priori, somos capaces de no centrarnos en la rama o especialidad que inicialmente hemos escogido”. Es un factor “a aprovechar”. Anima a estos profesionales a que no se cierran vías profesionales que pueden resultar muy interesantes. Es fundamental mantener la mente abierta y aprender constantemente, para tomar posteriormente decisiones acertadas, eligiendo con propiedad dónde te gusta aportar tus ideas y conocimientos, añade.

## ¿Fórmula para emprender?

Los ingenieros técnicos industriales están muy ligados al mundo de la industria y, normalmente, suelen trabajar en factorías industriales o en la Administración. “Pero no creo que ser emprendedor venga determinado por la carrera que hayas decidido cursar; es tu propio carácter el que determina la orientación”, señala. El sector tecnológico requiere de muchos medios, desde licencias de *software* hasta maquinaria de alto nivel. “Los emprendedores necesitan ayudas. Es fundamental que tengan facilidades para crear un equipo humano y que les ayuden a dar forma a su proyecto para que logren situarlo en el mercado.”

Eduardo Dueñas, ingeniero técnico industrial y cofundador de Métrica6 Ingeniería (Málaga)

# Saga emprendedora

La empresa desarrolla productos desde el punto de vista de la ingeniería y aspira a abrir su tecnología al mundo IoT, para gestionarlo a través del móvil, e introducirla en las ciudades inteligentes

J. C. A.

Estudiar ingeniería técnica industrial era algo lógico. Eduardo Dueñas, que procede de una familia de peritos industriales en mecánica, lo tuvo claro. Así como también que debía seguir su propio camino, fuera de la empresa familiar, para desarrollar su propio enfoque profesional.

Se estableció como autónomo. Empezó a notar en sus carnes qué era aquello de llevar una empresa, desde la gestión administrativa a los impuestos y la coordinación con otros trabajadores para un proyecto común. “Ha sido siempre la curiosidad técnica de poner a prueba los conocimientos adquiridos, adquirir otros nuevos y volverlos a poner a prueba; con la vista puesta en la innovación y darle forma física”, cuenta Eduardo Dueñas.

Atraído por el diseño de máquinas y la necesidad de crear, trabaja en diferentes empresas, hasta que en un concurso de creación de empresas de la universidad de Málaga, Dueñas decide crear junto con unos compañeros Métrica6, una empresa de I + D + i centrada en el desarrollo de productos desde un punto de vista de la ingeniería: “No hacemos el diseño gráfico de un producto bonito, sino todo el proceso integral para que el producto sea viable comercialmente, desde los estudios de mercado hasta planes de fabricación y estudios de patentes”, añade.

**“Sabíamos hacer nuestro trabajo, creamos nuestra propia tecnología y la pusimos en el mercado de forma viable”**

Convertirse en emprendedor fue un topetazo con la realidad: “En el salto de autónomo a empresario el riesgo es para ti; en el segundo caso, si te equivocas lo sufrís tú y tus trabajadores”. Su invento, el dispositivo de ahorro de agua Ness, le sirvió para demostrar a sus clientes lo siguiente: “Sabíamos hacer nuestro trabajo, creamos nuestra propia tecnología y la



Eduardo Dueñas.

pusimos en el mercado de forma viable”. Ness se puede instalar en una vivienda sin necesidad de obras, de añadir tuberías ni depósitos; es como un sistema de recirculación del agua compatible con cualquier calentador individual. Tras diversos premios y reconocimientos, demostraron que era un plan de negocio rentable, en el que se podía invertir.

## La ingeniería como mentalidad

Dueñas considera la ingeniería más que una carrera: “Es una mentalidad que prepara para resolver problemas de cualquier tipo (comercial, estratégico, de personal) o para aumentar la eficiencia y la eficacia”. Capitea la estrategia empresarial, muy ligada a la innovación, “pero también atesoro gran parte del diseño mecánico, porque nuestro director de departamento técnico es ingeniero electrónico”, explica. Como a cualquier ingeniero, le gustaría dedicarle más tiempo a la parte técnica, lo que más le interesa y donde se encuentra más cómodo: “Eso lo sigo haciendo todos los días, solo que en diferentes planos (unas veces comercial, otras técnico, otras administrativo...) y, de momento, se solapa bien”.

¿Dificultades? Las vive a diario. “Las empresas que no generan problemas es porque no se mueven o no crecen”, afirma Dueñas. Eso sí, ¿tirar la toalla?, nunca. Ha

dado sus frutos: en solo cuatro años, Métrica6 ha conseguido un impacto nacional e internacional considerable, añade, “principalmente, debido a la innovación del producto”. El proceso también ha sido convulso: de los cuatro socios fundadores, tres lo dejaron, entró un inversor y Dueñas permaneció como gestor, socio y accionista. Contratar y despedir personal, enfrentarse a problemas de tesorería, solventar cuestiones técnicas y comerciales son algunos de los retos a los que ha hecho frente. Aprendiendo con el día a día.

Mientras ayuda a otras empresas a generar ese conocimiento nuevo, y ser más rentables, a través de los servicios de ingeniería y consultoría de desarrollo tecnológico, participa en un programa para ayudar a jóvenes emprendedores. “Hace falta que la gente sepa qué es montar una empresa, gestionarla y que entienda dónde hay y no mercado”. Bajo las piedras de los sectores más tradicionales, como las instalaciones o infraestructuras, hay un buen potencial de innovación y desarrollo profesional para los ingenieros. Mayores tesoros se pueden encontrar en nichos como el Internet de las cosas (IoT en sus siglas en inglés) y la fábrica inteligente (“con menores costes para producir”) las *smart cities*, la construcción bioclimática y el *passivehaus*, dice.

Dueñas hasta se atreve a rebautizar el término emprendedor. Opina que son las empresas que, tras 15 años de vida, “siguen estando en punta de lanza, abriendo mercados, sacando productos nuevos, innovando, haciendo *spinoffs*”, dice. Siguiendo su máxima, abrirá su tecnología Ness al mundo IoT, para gestionarlo a través del móvil, e introducirla en las ciudades inteligentes.

Sabedor del predominio digital en los nacimientos de *startup* “porque son las iniciativas que llevan menos tiempo montar y las que menos riesgos tienen”, no olvida que los productos tangibles, como el suyo, requieren mayores esfuerzos: “Nos ha llevado más de tres años de desarrollo crear un producto físico. Entre personal e inversión hemos destinado más de 600.000 euros de diferentes fuentes.

Antoni Orti, ingeniero técnico industrial mecánico y fundador de Otem2000 (Martorell, Barcelona)

# Ciudades como fábricas de energía verde

El punto diferenciador de Otem2000 es ser especialista en la creación de sistemas híbridos transitables generadores de energía para las ciudades en colaboración con socios internacionales

## Joan Carles Ambrojo

Tras graduarse como ingeniero técnico industrial mecánico, Antoni Orti adquiere experiencia en empresas de diferentes sectores y forma parte de grandes equipos de trabajo. "Por desgracia, en aquel tiempo en las Universidades no existían muchos planes o convenios de formación industria-universidad", se lamenta. "El colegio [profesional] me ha ayudado en la perfección y especialización".

En 2012, la falta de proyección profesional en la empresa en la que llevaba 13 años llevó a Orti a tomar una drástica decisión. "Necesitaba nuevos retos que me permitieran seguir creciendo profesionalmente. Emprender fue el reto. No fue fácil, pero no cambiaría nunca esta decisión por todo lo que me ha aportado esta experiencia", asegura el fundador de Otem2000, una empresa de Martorell (Barcelona) que entre otras invenciones ha creado un pavimento híbrido que combina la energía cinética del movimiento humano y la solar para convertirla en energía eléctrica y que ha probado en ciudades como Rotterdam.

## Gestión empresarial

"Todo técnico siempre tiene carencias en dirección y gestión de empresas. Hay que reforzar con formaciones complementarias: cursos, másteres y, si es posible, un MBA. Otra opción es la de emprender con un socio que domine estos temas. Emprender un negocio tecnológico solo no es fácil". Por este motivo, Orti cree que la emprendeduría se tendría que trabajar como una asignatura más. "En aquel tiempo, cuando yo estudiaba, no era así. Ahora se empieza a trabajar desde primaria". El proyecto Cultura Emprendedora en la Escuela, impulsado por la Diputación de Barcelona, en el que participan niños y niñas de quinto de primaria, es un ejemplo. "Valoramos muy positivamente este proyecto en el que hemos hecho de padrinos y creemos que es totalmente necesario para trabajar desde pequeños el espíritu emprendedor que todos tenemos".

A la hora de crear la empresa, siempre ha tenido el apoyo de su socia, Eva Carmona Reifs, y de profesionales y amigos



Antoni Orti.

que ya emprendieron antes. Tuvieron que arrancar la compañía con ahorros personales. "En España las energías renovables no tienen ni el reconocimiento ni el apoyo que tendrían que tener, más bien al contrario. El claro ejemplo lo tenemos con el conocido impuesto al Sol. Así que hemos buscado el posicionamiento fuera, en países como Holanda, Inglaterra y Alemania, más sensibles y concienciados con el medio ambiente y las energías renovables. Y también empezamos a recibir peticiones desde Estados Unidos".

## "Colaborar con otras empresas ayuda a crecer más rápido y reduce riesgos"

Como directivo, Orti delega y confía mucho en su socia. Su rol dentro de Otem2000 es desarrollar nuevos productos innovadores, "así que el papel del ingeniero es prioritario" en una empresa de pequeño tamaño que fomenta el uso y la implementación de las energías renovables. A la hora de emprender, estudian el mercado y observan que "allá donde había más demanda de energía (las ciudades) era donde precisamente había más carencia de energías renovables, y que la clave era la integración de estas soluciones renovables en entornos urbanos para

generar energía en el punto de consumo".

El punto diferenciador de Otem2000 es ser especialista en la creación de sistemas híbridos transitables generadores de energía. "Nos ha costado mucho lograr este objetivo. Pero hemos trabajado con grandes socios industriales. Implicar empresas ya posicionadas en el mercado nos ha ayudado a mantenernos, pero necesitamos más para desarrollar soluciones todavía más innovadoras", señala Orti.

El objetivo de Otem2000 es transformar las ciudades en fuentes generadoras de energía verde, para que generen gran parte de la energía que necesitan. Para ello, tiene que existir un escenario clave que aún no se da: la eficiencia energética. Los edificios, más eficientes energéticamente hablando, estarán conectados y compartirán energía. Y las infraestructuras, como las carreteras, podrán generar energía verde para cargar los futuros vehículos ecológicos, asegura Orti.

## Aventura internacional

El trabajo con socios industriales ya posicionados en varios sectores y mercados les permite avanzar en la aventura internacional. "Ir solo no es lo más idóneo por el consumo de recursos, tiempo y dinero propio. Compartir un proyecto con otras empresas ayuda a crecer más rápido y reduce riesgos, siempre que el acuerdo al que se llega sea bueno".

Orti opina que los ingenieros técnicos industriales pueden ser muy buenos emprendedores "siempre que tengan inquietud para abandonar la zona de confort y emprender. Tengo grandes amigos ingenieros técnicos industriales que lideran *startups*. El porcentaje es mucho más elevado en otros países, pero en el nuestro se están creando centros tecnológicos en las universidades que incuban grandes *startups*", dice. "Asesorarse muy bien, registrar el producto si es muy innovador (proteger el *know how* es clave) y gestionar muy bien los recursos (equipos de trabajo y, sobre todo, el dinero) son sus principales consejos para emprender. "Si no se ve claro, es mejor esperar para no morir en el intento", advierte.

Lluc Martí, ingeniero técnico en diseño industrial, fundador y CEO de Exploded View (Madrid)

## Las baldosas del futuro

Las baldosas del proyecto Plactherm permiten crear de forma independiente distintas zonas térmicas en una oficina, dando la posibilidad a cada trabajador de configurar su temperatura

**Joan Carles Ambrojo**

“Imagínese que está delante de su encimera y va a freír un huevo. ¿Encendería los cuatro fogones? No, porque no es eficiente. Esto es lo que estamos haciendo a día de hoy en nuestras oficinas. Independientemente de cuánta gente haya, calentamos todo el espacio... y a la misma temperatura”, explica Lluc Martí, CEO y fundador de Exploded View, con sede en Madrid. Su solución ha sido crear un suelo radiante inteligente, Plactherm.

Con padres autónomos, a los 15 años Lluc Martí ya leía libros de emprendedores y crecimiento personal. Su sueño eran los coches. Antes de terminar la carrera consiguió un contrato de consultor de Catia en Seat. Fue su primer paso en el mundo de la fibra de carbono. Con 25 años hizo su primer intento emprendedor, después de haber sido responsable del diseño de un chasis de un GT2 de fibra de carbono. Tenía el sueño de diseñar y crear cosas nuevas, nuevos proyectos. “Después de casi tres años locos en el mundo laboral, creía contar con experiencia suficiente para lanzarme. No funcionó. Fallaron muchas cosas”, entre otras, experiencia en financiación y gestión.

Formación continua, pero con matices. “Un máster o posgrado se aprovecha muchísimo más cuando tiene una aplicación directa en tu día a día. No creo en la formación teórica”. Hincar los codos. Completa su ingeniería técnica en diseño industrial con un máster en el automóvil de competición, otro en dirección de proyecto en La Salle y un posgrado financiero en Esade, sin olvidar cursos menores y charlas motivacionales.

### Comunicar y enamorar

Carencias comunes al crear una *startup* son el desconocimiento financiero y legal y la gestión empresarial, reconoce. “En un proyecto solemos gestionar un presupuesto y unos tiempos conocidos; en una *startup* todo es incertidumbre y uno tiene que jugar con muchos sombreros distintos”, explica Martí. Y lo más importante: aprender a comunicar bien, a



Lluc Martí.

transmitir, a enamorar a un cofundador, a un trabajador, a un inversor, a un cliente. “Es crucial”.

Los ingenieros pueden ser muy buenos emprendedores, asegura, “aunque emprender se basa más en el carácter personal, en la actitud más que en la aptitud y la formación”. La base analítica les permite ser muy buenos con las métricas, algo positivo teniendo en cuenta que los perfiles técnicos interesan cada vez más al *marketing* o al área comercial, por ejemplo. “¿Saben que Brian Chesky, fundador de Airbnb, es ingeniero técnico en diseño industrial?”.

**“Lo que se aprende en una *startup* en un año no lo consigues en cuatro o cinco años en una empresa como trabajador”**

El emprendedor no nace, se hace aprendiendo, asegura Lluc Martí. Antes de lanzarse a la piscina, recomienda leer mucho, observar errores de terceros para no repetirlos y enfocarse con metodolo-

gías como Lean Startup. Entonces sí, a nadar y a luchar por los sueños. “¿O siempre estará trabajando y ayudando a otros a cumplir los suyos?”, se pregunta.

Siempre hay sectores oportunos para emprender. Desde el internet de las cosas (IoT), la realidad virtual, la inteligencia artificial, la ciberseguridad, la biotecnología, eHealth o CleanTech, pero siempre siguiendo la pasión personal, recomienda. “Se nota en el resultado”.

### Aprender de los errores

Emprender es increíble, uno crece muchísimo, afirma Lluc. “Lo que se aprende en una *startup* en un año no lo consigues en cuatro o cinco años en una empresa como trabajador”, asegura. Eso sí, es un camino “muy duro y con desafíos constantes. Las trabas aparecen día tras día y cometes muchos errores, necesarios para aprender”, añade.

Como es habitual en el sector, obtener financiación es una entelequia. Y a pesar de los ejemplos de compras multimillonarias de *startups*, es mejor ser realista: “Cerca del 90% de las *startups* mueren antes de los primeros cuatro años”, afirma. Se trata de aprender a vivir con la tensión de tener dinero para seis

meses. Lluç Martí lo vivió en su proyecto Plactherm, “en el que hay un producto físico y mucho I + D; son proyectos muy intensivos en capital y los resultados no son inmediatos”. Y eso que su invención promete. Cada una de sus baldosas puede calentar y sensorizar de manera independiente. Ello permite crear distintas zonas térmicas en una oficina, dando la posibilidad a cada trabajador de configurar su temperatura de confort, a la vez que desciende la temperatura en las zonas de paso o no ocupación. El ahorro energético es del 30%.

## “¿Sabes que Brian Chesky, fundador de Airbnb, es ingeniero técnico en diseño industrial?”

“Hay muchos inversores especializados en el mundo digital, pero pocos en *hardware*. En digital uno puede ofrecer crecimientos exponenciales con poco crecimiento de estructura. Con un producto físico, la escalabilidad requiere mucho dinero, inversiones en maquinaria, moldes, stock y más tiempo”. Siempre que sea posible, y para no depender del dinero de terceros, el mejor inversor es el cliente: “Es nuestra obsesión: mercado, mercado, mercado”. El gran objetivo de su firma es tener producto comercial en septiembre “y vender y vender”. Dispone de un equipo de I + D excepcional, “seis jóvenes luchadores entregadísimo”, que ya están evolucionando la tecnología para estar un paso por delante de los competidores y llevarla más allá de Francia y Alemania.

Lluç Martí no se considera directivo: “Me gusta más hablar de gestor”, por algo su pasión continúa siendo crear. Muy a su pesar, cada vez pasa menos horas en el área de ingeniería, y aunque sigue aportando al equipo de I + D, sabe que lo mejor para su empresa es que la gestione, conseguir clientes que quieran el producto, ganarse la confianza del consejo de administración y de los inversores, definir la ruta en todo momento, asegurar el salario de todos los compañeros y aportarles lo necesario “para que sean lo más felices y productivos posibles”, asegura. Tras Plactherm, Martí no descarta dentro de cinco años regresar al deporte del motor y lanzar una *startup* con gran impacto social.

Ferran Gascón, ingeniero técnico industrial y creador de Agroptima

# La era de los ciberagricultores

Con un grupo de ingenieros y agricultores, ha creado una ‘app’ para la gestión de explotaciones agrícolas vía móvil y web

J. C. A.

La pasión infantil de Ferran Gascón eran los robots. “A través de ellos la programación me fue gustando más y más, hasta que me metí en el mundo del desarrollo web y decidí crear la empresa Agroptima”. Gascón es ingeniero técnico industrial eléctrico y creó hace tres años su propia *startup* junto con Emilia Vila, directora general y especializada en dirección y administración de empresas, y Anisia Tardá, ingeniera agrónoma. Agroptima es una aplicación para la gestión de explotaciones agrícolas vía móvil y web. Esta aplicación permite a los agricultores registrar y controlar todas sus actividades en el campo y, ya en el ordenador, extraer informes de trazabilidad, analizar los costes de producción y los márgenes y las operaciones que han realizado en sus cultivos.

## Inicios en Alemania

Antes de emprender, Gascón hizo sus pinitos en varias empresas e incluso emigró a Alemania “por voluntad propia, para tener experiencia internacional”, donde ejerció de ingeniero. “Fue gratificante y repetiría”, asegura. Fue en Berlín cuando decidió crear junto a una socia una web de venta de productos gourmet. Descubrió que era lo suyo. Regresó entonces para montar Agroptima: tras analizar el mercado, vieron que tenía sentido “y nos tiramos a la piscina; de momento nos va muy bien”.

“Convertirme en emprendedor me ha permitido tener un impacto directo sobre la sociedad”, afirma Gascón. Cuando trabajó para una gran corporación tenía la sensación de que sus aportaciones eran pequeñas. Lo ha logrado a cambio de sacrificios, mucha dedicación y asumir riesgos. Y aprender deprisa temas legales y financieros o a hacer planes de negocio, “algo que no se enseña en la carrera”, aunque gran parte de la gestión recaiga en la directora. Tras cerrar una ronda de financiación de 700.000 euros, y despuntar en el mercado español, en el que tienen relativamente poca competencia porque a esta le falta innovación,



Ferran Gascón.

“Convertirme en emprendedor me ha permitido tener un impacto directo sobre la sociedad”

asegura el director técnico, 2017 será el año de su internacionalización. De momento, acaba de participar en la feria internacional de emprendedores 4YFN (4Years From Now), vinculada al Mobile World Congress de Barcelona.

## Agricultura de precisión

El siguiente paso es conectar su *software* a la agricultura de precisión, capaz de determinar la cantidad exacta de abono o de productos fitosanitarios (muy controlados en la Unión Europea) que necesita el cultivo para obtener el máximo rendimiento. Son datos procedentes de sensores, de imágenes aéreas captadas por drones, máquinas y tractores.

# Innovación en tiradores y torres de cerveza

Un recorrido por la historia y el porvenir de la empresa española Aplimet, pionera en aplicar innovaciones tecnológicas y de diseño a los tiradores de cerveza, de la mano de su fundador

## Alba Irigoyen Gómez

Son las 11 de la mañana y Daniel López Tripiana ya se ha reunido con los trabajadores de Aplimet para planificar la jornada, hablar de nuevos proyectos y revisar las incidencias. Por la tarde irá a ver a algunos proveedores. Damos un paseo por todas las instalaciones y me presenta a los compañeros de secretaría, producción, ventas, compras, diseño, almacén, control de calidad, etc. En 2000, él y su padre fundaron Aplimet. Ubicados en el polígono industrial de Montcada y Reixach (Barcelona), son 16 empleados de todas las edades. La gente entra y desarrolla su carrera profesional en la empresa, realmente se respira ambiente familiar. Apenas hay rotación y la previsión es seguir creciendo.

Daniel López Tripiana destaca la profesionalidad y motivación de su gente. Cuenta que el secreto está en hacer equipo y transmitir que todo es posible. Le brilla la mirada hablando de futuro, nuevas oportunidades, innovación, ampliar las instalaciones e impulsar el laboratorio de diseño para seguir creciendo. En España, prácticamente no tienen competencia y, en Europa, se están abriendo camino en los países nórdicos, Turquía, Francia y Alemania (para lo que fue crucial estar en la pasada feria BrauBeviale de Nuremberg). "Si en España nos ha ido bien, ¿por qué no va a pasar lo mismo fuera?", dice Daniel. Nos vamos a tomar un café (todavía no es la hora de las cañas) y seguimos hablando de Aplimet.

## Historia de una empresa familiar

Aplimet es una *spin-off* de otra empresa anterior que montaron el padre de Daniel y un socio. Eran artesanos del metal, soldaban, montaban y elaboraban objetos de decoración para el hogar. Pero tenían un cliente especial: la cervecera Mahou San Miguel, que les hacía encargos de columnas de cerveza y tiradores personalizados. El trato cercano con el cliente, la capacidad para adaptarse a las necesidades, el aprendizaje constante, la mente inquieta, la experimentación y el no ponerse límites llevaron a Daniel y a su



Tirador de cerveza desarrollado por Aplimet. Foto: Aplimet.

padre a descubrir un nicho que nadie estaba cubriendo en España. Un día, ambos socios decidieron seguir sus caminos por separado y ahí surgió Aplimet.

Llegó 2005. Daniel tenía la maleta hecha para irse a estudiar a Nueva York, cuando a su padre le diagnosticaron un cáncer. La enfermedad acabó ganando la batalla y Daniel deshizo la maleta. Su padre le inculcó que para llevar una empresa había que empezar desde abajo, por lo que en esa primera etapa Daniel ya había ejercido de encargado, almacenista, operario, soldador, comercial, etc. Tras un silencio, le viene el recuerdo de cuando su padre le encargaba 100 tiradores: "Hazlo como puedas, pero hazlo", le solía decir. Si para llevarlo a cabo, tenía que desechar 50, no había otra. "Nunca hemos dicho que no a nada, por eso me encanta mi trabajo. Es creativo, hay que investigar y encontrar respuesta a la demanda del cliente". Para Daniel no existen los problemas, todo tiene solución.

## Claves del éxito

En los comienzos, el 80% de la producción de tiradores iba destinada a Mahou San Miguel y el 20% restante, para dos o tres clientes más. En 2002, entró en juego una cervecera francesa mediante concurso, lo que implicaría un contrato de cuatro años y pasar de 300 a 5.000

unidades al año. En 2008, le pusimos nombre a la crisis económica española. Aplimet sufrió los efectos en 2009, pues pasó del millón y medio a los 800.000 euros de facturación. Daniel recuerda cómo la mayoría de las empresas de alrededores iban cerrando. No obstante, gracias a que los dividendos obtenidos en ejercicios anteriores se habían destinado a reservas y reinvertido en la empresa, Aplimet pudo salvar su principal valor: el capital humano. "No podíamos perder todo ese conocimiento y experiencia; eso se refleja en la calidad de nuestros productos", dice. Los dos años de baja actividad sirvieron para diversificar la cartera. Hasta la fecha, Aplimet se mantiene con un crecimiento anual sostenido del 9%. Este año esperan sobrepasar los dos millones de euros de facturación.

Con esfuerzo y afán de superación, Aplimet se ha constituido como referencia en el sector. Pero pensar en términos de expansión implica un cambio de rumbo en la estrategia: proyectar la imagen corporativa, reforzar la presencia en ferias y seguir apostando por el diseño, la innovación, la especialización y la diferenciación, marcando tendencia y creando un catálogo propio con una oferta que funcione internacionalmente.

Según el *Informe socioeconómico del sector de la cerveza en España 2015*, la

TRIBUNA

# Una fusión de diseño, tecnología, conectividad, interacción y emoción

Javier Ordóñez

hostelería es el principal canal de consumo de cerveza, ya que supone la cuarta parte de la facturación. Por otro lado, según datos extraídos del estudio *El sector cervecero artesanal español y sus posibilidades de internacionalización*, publicado por la revista *Regional and Sectorial Economic Studies* en 2015, las microcerveceras artesanales españolas se han multiplicado por 15 desde el inicio de la crisis. Para paradojas, el del mundo de la cerveza. Una explicación lógica vendría a ser el cambio de hábitos al que nos ha llevado la disminución de poder adquisitivo, preferimos invertir en calidad en detrimento de cantidad. Volvemos al producto de proximidad y lo artesano. La cultura de la cerveza se ha extendido significativamente. Los profesionales de la barra se han convertido en verdaderos cicerones (el *sumiller* de la cerveza). El consumidor de hoy es más exigente, pasando de consumir producto a tomar experiencias. Las grandes cerveceras, conscientes de la demanda, se alían con microcerveceras para estar más cerca del consumidor.

## “Algunos bares rompen con la exclusividad de las marcas y ponen su propio tirador que se identifique con el local”

Algunos propietarios de bares toman la sartén por el mango: rompen con la exclusividad de marcas; adquieren su propio tirador con un diseño que se identifique con el local (piezas casi de museo que a menudo provocan visita obligada al bar); eligen cervecera por la originalidad de los tiradores personalizados, u optan por columnas multigrifo para presentar una oferta variada de cervezas. La misión de Aplimet es hacer visible la marca, que cuando el cliente se acerque a la barra, vea el tirador, le impacte y recuerde la marca de la cerveza que se está tomando.

Desde que entablas conversación con Daniel, queda claro que sus pasiones son la empresa, la música y viajar. “Ver mundo es indispensable para mirar las cosas desde otra perspectiva y darte cuenta de lo que realmente importa”. Hablando de cosas importantes, el poco tiempo libre que le queda lo dedica a su madre y a su hijo. Luego, se ha marcado como objetivo publicar disco el próximo verano. De Aplimet dice que es su vida, que la lleva en el corazón.

Hace poco, leía un artículo que auguraba un incremento de la demanda de ingenieros por parte de las empresas. A pesar de las buenas expectativas, creo que todavía no hemos salido de ese bache que supuso la crisis. Cada vez tenemos más jóvenes titulados frustrados por desempeñar otros trabajos. Yo empecé trabajando como técnico de mando medio, pero aspiraba a dirección de fábrica y comercial. Me titulé en ingeniería técnica industrial hace 20 años. La carrera te enseña cómo aprender y el oficio lo aprendes ejerciendo, más que con un máster. Hasta llegar a Aplimet, he pasado por diversas empresas del sector textil. Eran otros tiempos. Si las empresas facilitaran la circulación de capital humano, saldrían ganando en ambos sentidos.

En 2008 me incorporé a Aplimet como comercial técnico. Me recibió Daniel López Tripiana, el CEO de la empresa. Me pareció un joven emprendedor con una energía muy positiva. Me gustó la propuesta, diferente de lo que había hecho hasta el momento. Pero, ¿qué son las fábricas? Personas y máquinas; se trata de saberlo gestionar. Este 2017 cumpla 10 años aquí. Cada proyecto es diferente, eso me apasiona. El cliente te contagia su ilusión por empezar un nuevo negocio, nuestra función es hacer realidad su sueño.

### El Ferrari del sector

Una cosa que me sorprendió de Aplimet es la meticulosidad para producir torres y tiradores de cerveza. La excelencia es nuestra meta. Desarrollamos productos sofisticados de gama alta con valor añadido, somos el Ferrari del sector. Nos conocen porque no tenemos límites, si no lo hacemos nosotros es que no lo hace nadie. Es un trabajo muy creativo y mi experiencia en el sector textil me ha ayudado mucho. Mi puesto de trabajo también requiere habilidades comunicativas y estoy constantemente haciendo de interlocutor

entre la empresa y el cliente. Su satisfacción pasa por sentirse escuchado y que sus necesidades se vean reflejadas en el proyecto. Además, los técnicos industriales tenemos una base técnica que nos ayuda a hablar el mismo idioma.

Aplimet se diferencia por la flexibilidad y la capacidad de reacción. Respondemos en poco tiempo porque no producimos a gran escala. Crecemos con los pies en el suelo. Impulsamos la economía local, lo cual nos permite estar en contacto con proveedores e intervenir con mayor facilidad. La competencia opera a bajo coste, pero nuestro cliente busca exclusividad y calidad. Trabajamos codo con codo con él, sabemos qué necesita. El dueño del bar quiere piezas que se identifiquen con la personalidad del local; no le importa gastarse más dinero con tal de diferenciarse del bar de al lado. La cervecera pide más cantidad de tiradores; en proporción, invierte menos en el tirador y su objetivo es que se refleje la marca, que el consumidor se acuerde de la cerveza que está tomando. Las microcerveceras son un mix entre las otras dos. Desde Aplimet, somos conscientes de la necesidad de las marcas para dialogar con sus clientes. Por eso estamos apostando por la fusión de diseño, tecnología, conectividad, interacción y emoción. Nosotros ayudamos a que nuestros clientes conecten con el cliente final.

Para que la industria tire adelante hace falta motivación, retos, meterte de lleno en lo que haces y tener la oportunidad de aprender cosas nuevas. A modo de curiosidad, entrar en Aplimet me ha llevado por derroteros que nunca hubiera pensado, como que terminaría haciendo cerveza artesana en mi casa, algo que me ha ayudado a comprender mejor las necesidades de algunos de nuestros clientes.

Javier Ordóñez es ingeniero técnico industrial que trabaja como comercial técnico en Aplimet.



# Dionisio Campos

Director de Fabricación de Ford España

## “Los ingenieros técnicos han sabido adaptar su formación y situarse en cargos de responsabilidad”

### Mónica Ramírez

En octubre de 2015, Dionisio Campos asumía el cargo de director de Fabricación de Ford España. Nacido en 1961 y natural de Almenara (Castellón), es ingeniero técnico industrial eléctrico por la Universidad Politécnica de Barcelona y MBA por la Universidad de Anglia (UK).

Vinculado profesionalmente a la compañía desde 1989, su trayectoria profesional comenzó en Ford España en el área de motores. En dos ocasiones, 1992 y 2000, estuvo trabajando en Inglaterra en los departamentos de ingeniería de fabricación y como gerente de lanzamiento de nuevos motores. Además, en el periodo 2008-2011 trabajó en Rumanía para la adquisición, integración y puesta en marcha de la nueva factoría en el complejo de fabricación de Ford Europa. En el año 2012 volvió a España como gerente general de Fabricación y en octubre del 2013 fue nombrado director de Lanzamiento de nuevos productos, puesto que ocupó hasta 2015. En la actualidad, Ford Europa es el responsable de la fabricación, venta y mantenimiento de los vehículos de la marca Ford en 50 mercados individuales y da empleo aproximadamente a 53.000 trabajadores.

**En octubre de 2015 asumió el cargo de director de Fabricación de Ford España, convirtiéndose en el primer español con la máxima responsabilidad en la planta valenciana, pero lleva vinculado profesionalmente a la compañía desde 1989. ¿Cómo ha sido la evolución de la empresa desde entonces?**

La industria del automóvil es una de las industrias más competitivas que existe y como tal está en un proceso de cambio constante. Desde la década de 1980 hasta ahora, los cambios en los procesos han sido incontables siempre con un mismo objetivo: ofrecer a nuestros clientes productos de mayor calidad a un precio competitivo. Si nos atenemos a los últimos años, Ford ha invertido en la planta de

Almussafes cerca de 2.300 millones de euros, lo que nos ha permitido pasar de producir vehículos pequeños y de poco valor añadido a convertirnos en una de las plantas tecnológicamente más avanzadas de la marca, que produce los coches más grandes y más complejos. Por poner un ejemplo, hemos pasado de manejar 7.000 referencias a las cerca de 20.000 que se manejan hoy en día para los modelos que producimos.

**“Ford y toda la industria se enfrentan a una revolución similar a la que representó hace más de 100 años la irrupción del automóvil en nuestras vidas”**

**¿Qué balance haría desde su nombramiento como director de Fabricación?**

Para mí como valenciano es un privilegio ocupar este puesto y más en este momento en el que Ford y toda la industria se enfrentan a una revolución similar a la que representó hace más de 100 años la irrupción del automóvil en nuestras vidas.

**¿Qué destacaría acerca de la influencia que ejerce la planta en el sector automovilístico y su impacto tanto para la economía valenciana como nacional?**

Con motivo de la celebración de nuestro 40 aniversario, el pasado mes de octubre realizamos un estudio de impacto económico junto con la Universidad Europea de Valencia. Nos ha permitido medir de una manera más científica el impacto que tiene Ford en la región y en toda España. El estudio concluye que la planta de Ford en Almussafes presenta los mejores indicadores tanto nacionales como europeos en términos de productividad y flexibilidad. En él, además, se recoge que en 2015, la contribución directa de Ford en

términos de valor añadido con relación al PIB del sector manufacturero de la Comunidad Valenciana ha sido del 6%. Por poner ejemplos más sencillos: cada euro de valor añadido generado en Ford genera 2,86 euros en la economía valenciana, y a nivel nacional, cada euro que invierte Ford genera 6,52 euros de valor añadido en la economía nacional. Si nos atenemos a los datos de exportación en Valencia, el sector de la automoción, encabezado por Ford España, genera el 25% de las exportaciones de la Comunidad Valenciana, con un importe superior a los 7.000 millones de euros, que duplica las exportaciones del siguiente sector en importancia, el hortofrutícola.

**¿Y en cuanto a la creación de empleo?**

La planta de Valencia representa la mayor concentración de trabajadores por kilómetro cuadrado de la comunidad. El estudio de la Universidad concluye también que por cada empleo directo que se genera en Ford, se crean 11,7 empleos entre directos, indirectos e inducidos en el resto del país. Si nos enfocamos solo en la Comunidad Valenciana esta cifra es de 5,8 por cada empleo generado en Ford. Dentro de la planta me gustaría también señalar que, en los últimos cinco años, al tiempo que hemos incorporado más de 1.900 robots a la cadena de producción, la incorporación de trabajadores ha discurrido de manera paralela, por lo que la transformación de la compañía no ha representado pérdidas de puestos de trabajo.

**¿Cuál es la producción anual de la planta Ford en Almussafes?**

En 2016 se produjeron un total de 393.849 vehículos, el 1,4% más que el año anterior y nuestro objetivo es mantenernos en estas ratios durante 2017.

**El funcionamiento de una fábrica conlleva grandes dosis de innovación, y más aún si se trata de una planta tan importante como la de Almussafes.**



Dionisio Campos.

**En este sentido, ¿cuáles son las innovaciones más destacadas que se han llevado a cabo en los últimos años?**

La planta de Ford en Almussafes es una de las más avanzadas tecnológicamente de la marca y de España; por eso la innovación y la transformación forman parte de nuestro día a día. Al contrario de lo que se podría pensar, todo el proceso de modernización que lo convierte en líder en robotización no se ha traducido en una reducción en el factor trabajo, sino que se ha convertido en mayor capacidad productiva, en capacidad para fabricar automóviles más complejos, mejor equipados, más eficientes y ecológicos y en mejores condiciones. La industria 4.0 está muy presente en nuestro día a día como una herramienta para desarrollar la calidad y productividad de nuestros productos y procesos. Nuestra cadena de valor está interconectada de forma que permite monitorizar la línea de suministro, la producción en sus diferentes fases y la integridad de los productos y procesos. Por citar algunos ejemplos, el año pasado incorporamos el dispositivo portátil de garantía de calidad (POAD) a nuestro proceso productivo. Se trata de un dispositivo portátil inalámbrico, comunicado por wifi con

los sistemas de producción que reconoce los requisitos exactos de calidad de cada vehículo que pasa por la línea de montaje. Este dispositivo, aparte de ayudar a nuestros operarios a gestionar la complejidad, permite certificar la calidad de todos nuestros productos. Anteriormente, los operarios utilizaban un sistema basado en papel que suponía caminar más de un kilómetro diario para acceder a la información desde ordenadores de sobremesa. Este nuevo sistema ha ayudado a reducir los fallos humanos en un 7% y a aumentar el número de chequeos de calidad a la vez que mejora las condiciones de trabajo.

**Los ingenieros de la planta de motores de la factoría de Almussafes desarrollan tecnologías de control de calidad pioneras mediante el uso de ultrasonidos y sistemas fotográficos de alta precisión. ¿En qué consiste exactamente?**

El desarrollo constante de la tecnología nos permite seguir desarrollando sistemas de ayuda al operario para mejorar la calidad. Mientras los sistemas de visión nos permiten automatizar la inspección final de calidad en nuestros componentes y productos con mucha mayor eficacia que el ojo humano, el último desarrollo

de llamado *click hunter* permite oír lo que las personas, por el entorno industrial, no podemos. Se trata de un sistema que, mediante la combinación de *cobots* o robots colaborativos y micrófonos de alta precisión, permite lograr una efectividad del 100% en uno de los procesos más delicados del ensamblaje de un motor.

**El trabajo realizado en la planta requiere personal muy cualificado y especializado. ¿Cuál es el perfil de los ingenieros que trabajan en Ford y en el sector de la automoción? ¿Cuáles son sus principales funciones?**

Los ingenieros que componen la plantilla son tanto técnicos como industriales, y los trabajos que realizan cubren toda la cadena de valor desde mandos intermedios a gerencia en todos los campos de negocio como logística, producción, calidad, diseño, finanzas...

**En lo que respecta al colectivo de ingenieros técnicos industriales, del que usted forma parte también, ¿cómo valora su trabajo?**

Son excelentes profesionales que han sabido adaptar los conocimientos de su formación a las demandas de la industria,

desarrollándose y formándose cada día para conseguir un nivel de competencia que les permite desarrollar mejor su trabajo cada día, y posicionarse para cargos de mayor responsabilidad en la empresa.

**Muchos ingenieros técnicos industriales (graduados en ingeniería de la rama industrial con las titulaciones actuales) han llegado a ser directivos en grandes empresas, así como grandes emprendedores. ¿Cuáles pueden ser los principales motivos?**

Motivos hay muchos, pero creo que las personas que han cursado esta carrera cuentan, por norma general, con una base de educación y con las habilidades necesarias de flexibilidad, adaptabilidad y curiosidad para continuar investigando y formándose que resultan clave para el crecimiento de muchas compañías.

**En el caso de la reparación de errores o desperfectos que puedan tener los vehículos que salen de fábrica, especialmente en la pintura, lo complicado es detectarlos. Para ello, Ford cuenta con una tecnología exclusiva desarrollada en colaboración con la Universidad Politécnica de Valencia. ¿Es habitual este tipo de colaboraciones con el ámbito universitario?**

Me gustaría poner de manifiesto cómo la colaboración entre los ingenieros de nuestra planta de pinturas y la universidad nos ha permitido desarrollar y patentar el sistema de identificación con luz que recibió el Henry Ford Technology Award y que utilizan todas las fábricas de la compañía en Estados Unidos y tres en Europa y que es capaz de identificar los errores de pintura. El sistema detecta a través de un conjunto de cámaras y técnicas de visión artificial cualquier microdefecto en la pintura de los vehículos del tamaño de hasta 0,2 milímetros. Los fallos son visualizados en unas pantallas y reparados a continuación por los operarios.

**La planta de Almussafes cuenta, además, con algo de lo que carecen la mayoría de las fábricas: una pista de pruebas propia. ¿Qué pruebas se realizan al vehículo para comprobar su perfecto funcionamiento?**

Las pruebas que se realizan a un vehículo no se limitan a la conducción final, sino que en todo el proceso productivo los diferentes sistemas y componentes son verificados para asegurar su integridad. Al final de línea y antes de la conducción se



**“La planta de Almussafes presenta los mejores indicadores nacionales y europeos en términos de productividad y flexibilidad”**

realiza una verificación total, de forma que la conducción sirve para certificar todo esto además de comprobar las condiciones del vehículo en dinámico. El tener la pista de prueba extendida nos permite auditar en dinámico el vehículo en distintas superficies y a diferentes velocidades.

**Uno de los grandes retos a los que se enfrentan las grandes compañías automovilísticas es la fabricación de los coches autónomos. ¿Cómo afronta Ford el desafío de fabricar un coche sin conductor?**

Se trata de uno de los grandes desafíos de la industria. Da un poco de vértigo pensar cómo en unos años estarán en el mercado coches sin pedales ni volantes. Pero antes de llegar a este punto hay que hacer muchas pruebas y muchas inversiones. Hasta llegar a las carreteras, en Ford vamos a triplicar nuestra flota de coches autónomos de pruebas, la más grande de cualquier fabricante, y vamos a continuar colaborando e invirtiendo en compañías tecnológicas que nos permitan impulsar los sistemas necesarios para la conducción autónoma como el caso de Velodyne, compañía responsable de fabricar sensores LIDAR; la adquisición de SAIPS, compañía israelí que desarrolla visión por or-

denador y *software* de *machine learning*; un acuerdo con Nuremberg Neuroscience, que desarrolla tecnología de *retina virtual*, y una inversión en la empresa de mapeo 3D Civil Maps.

**¿Cómo se conjuga la necesidad de personal en un momento dado con la progresiva robotización del sistema?**

Al contrario de lo que se podría pensar, todo el proceso de modernización que nos ha convertido en líderes en robotización, con la incorporación de 1.900 robots, no se ha traducido en una reducción en el número de empleos, sino que nos ha permitido mejorar nuestra capacidad productiva para fabricar automóviles más complejos y dejar la carga más dura del trabajo a las máquinas e incorporar personal más cualificado y dedicarlo a otras tareas. Esto hace de Ford Almussafes un referente de generación de valor añadido, empleo y conocimiento.

**¿Cuál es la proyección de futuro para Ford España?**

La industria del automóvil se enfrenta en la actualidad a un reto apasionante: transformar de nuevo la forma en la que la gente se mueve. Estamos dando ya esos primeros pasos como compañía hacia esa transformación, la más importante en nuestros 114 años de historia y vamos a transformar nuestro negocio para ser, además de un excelente fabricante de vehículos, una compañía que ofrece servicios de movilidad adaptados, que satisfagan las necesidades de los consumidores y ampliar así nuestras fuentes de ingresos.

**Y en su caso, como director de fabricación, ¿cuáles son sus próximos objetivos y proyectos?**

Estamos en un mercado muy competitivo, con exceso de capacidad y cambiante. En los próximos años la industria va a experimentar una gran evolución con un gran desarrollo, y la implementación de la industria 4.0 junto con los cambios en los conceptos tradicionales de vehículos requeridos por las nuevas necesidades de movilidad y la mayor concentración de personas en las ciudades. Todo esto va a requerir adaptar las factorías a nuevos requerimientos elevando el nivel tecnológico, así como introduciendo nuevos procesos y métodos de trabajo. Nuestro reto es llevar a cabo toda esa transformación manteniendo nuestra posición de liderazgo que tenemos en los planos nacional e internacional.



## LOS ÁNGELES

### >> Solidworks World 2017 da a conocer nuevos avances hacia la optimización de la producción

La XIX edición del congreso anual Solidworks World, celebrada en Los Ángeles (Estados Unidos) del 5 al 8 de febrero de 2017, ha reunido a 5.000 ingenieros y diseñadores industriales de todo el mundo que utilizan esta plataforma para compartir experiencias, establecer colaboraciones y conocer de primera mano lo último en diseño 3D. En paralelo, como es habitual en estas citas, se celebró una feria industrial con más de un centenar de empresas, suministradores y desarrolladores que usan las aplicaciones 3D de Solidworks.

En este congreso de 2017, la multinacional francesa Dassault Systems, propietaria de SolidWorks, ha dado a conocer los últimos pasos en el proceso de optimización de la fabricación y de integración en una única plataforma de todos los procesos de producción industrial que van desde la idea de un producto hasta la manufactura del mismo, pasando por el control de calidad de cada proceso. De hecho, la compañía estima que ya ha desarrollado más de las dos terceras partes de los módulos necesarios para que el diseño, la fabricación y el control de producción de un producto estén integrados en la plataforma Solidworks. Para 2018 anuncia que se dará un paso importante con la implementación de un módulo de *manufacturing*, que permitirá diseñar también las máquinas en las que se fabricarán los componentes de un producto.

Desde una sencilla cafetera hasta un sofisticado coche de carreras, prácticamente todos los objetos y sus componentes que se diseñan y fabrican industrialmente son susceptibles de ser desarrollados dentro de la plataforma Solidworks. Los miles de ingenieros y diseñadores de todo el mundo que acuden a los congresos anuales de Solidworks World son solo una representación de los más de 220.000 usuarios certificados que utilizan esta plataforma de diseño. Esta comunidad de usuarios trabaja ya en red y en la nube desde hace unos años, permitiendo la colaboración de varias empresas y equipos en el desarrollo de un producto.

“La comunidad de SolidWorks comparte una pasión por la innovación, por la colaboración y por el diseño que es úni-

ca”, afirmó Gian Paolo Bassi, CEO de Solidworks y Dassault Systèmes. “Solidworks World fusiona esta potente energía con el desarrollo del producto y las estrategias tecnológicas que están guiando la evolución del internet de las cosas, la definición basada en el modelo, la fabricación aditiva y otros enfoques. Está pensado para innovadores que buscan conectarse entre ellos, aprender nuevos conocimientos y transformar la manera en la que los productos son diseñados, fabricados y financiados.”

En el congreso han participado varios pioneros innovadores que han explicado cómo promueven este tipo de tecnología y sus avances en los negocios y la sostenibilidad. Así, la ingeniera de origen iraní Anousheh Ansari, la primera mujer exploradora privada del espacio, que pasó ocho días a bordo de la Estación Espacial Internacional, explicó los proyectos que llevan a cabo en Prodea Systems, una plataforma para el internet de las cosas de la que es cofundadora. Por su parte, Jason Silva, artista audiovisual, futurista, filósofo y presentador del programa de televisión de National Geographic, *Brain Games*, explicó sus ideas sobre la innovación y el proceso creativo basándose en la tecnología.

### >> Dassault Systèmes inaugura un 3D Experience Lab en Estados Unidos para crear ‘startups’

La compañía Dassault Systèmes anunció en Solidworks World 2017 que va a ampliar a Norteamérica su 3D Experience Lab, una incubadora de *startups* para impulsar proyectos emprendedores que tengan un gran potencial transformador de la sociedad. De momento, el 3D Experience Lab está apoyando el desarrollo de 14 proyectos, entre los que se incluye un violín fabricado íntegramente mediante impresión 3D.

El 3D Experience Lab de Norteamérica se inaugurará en mayo del 2017 en la sede que tiene Dassault Systèmes cerca de Boston. Este laboratorio estará abierto a emprendedores, estudiantes, fabricantes y técnicos de departamentos de innovación industrial o de laboratorios de investigación con proyectos innovadores. Los proyectos seleccionados tendrán acceso a la plataforma 3D Experience alojada en la nube, así como a conocimientos técnicos y asesoría.

# Alimentación fotovoltaica de ventanas inteligentes

## *Photovoltaic Supply for Smart Windows*

Cecilia Guillén Arqueros<sup>1</sup>, Víctor Hernández Elvira<sup>2</sup>, José Herrero Rueda<sup>3</sup> y Juan Francisco Trigo Escalera<sup>4</sup>

### Resumen

En este trabajo se ha medido la energía consumida por una ventana inteligente electrocrómica para así estimar el consumo diario en función del modo de empleo y el perfil horario que demande el usuario. A partir de estos datos y haciendo uso de un programa de simulación, se ha llevado a cabo el dimensionado del sistema fotovoltaico que sería necesario en cada caso para alimentar la ventana de manera autónoma. Por último, se ha puesto en práctica un prototipo experimental en condiciones reales con el fin de confirmar la viabilidad del sistema propuesto.

### Palabras clave

Ventanas inteligentes, dispositivos electrocrómicos, consumo eléctrico, energía fotovoltaica, eficiencia energética, edificación.

### Abstract

*In this work, the energy consumption of an electrochromic smart window has been measured, in order to estimate the daily consumption depending on the way of use and the hourly profile demanded by the user. Based on these data and making use of a simulation program, the sizing of the stand-alone photovoltaic system was carried out so that it is enough to supply the window. Finally an experimental prototype was developed in real conditions in order to confirm the viability of the proposed system.*

### Keywords

*Smart windows, electrochromic devices, electrical consumption, photovoltaic energy, energy efficiency, buildings.*

Recibido / Received: 22.09.2016. Aceptado / Accepted: 22.02.2017

<sup>1</sup>Cecilia Guillén Arqueros (c.guillen@ciemat.es), Doctora en Física, Científico Titular del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat). <sup>2</sup>Víctor Hernández Elvira (victor.hernandez@ciemat.es), Licenciado en Química, investigador del Ciemat con contrato en prácticas. <sup>3</sup>José Herrero Rueda (jose.herrero@ciemat.es), Doctor en Química, Científico Titular del Ciemat. <sup>4</sup>Juan Francisco Trigo Escalera (juanfrancisco.trigo@ciemat.es), Doctor en Física, Investigador Contratado del Ciemat.

Autor para correspondencia / Corresponding author: Cecilia Guillén Arqueros (c.guillen@ciemat.es). Ciemat. Avda. Complutense, 40. Edificio 42, Unidad de Energía Solar Fotovoltaica. 28040 Madrid.



Foto: Shutterstock

## Introducción

En un mundo donde la demanda energética es cada vez mayor, y puesto que el uso de combustibles fósiles para satisfacer dicha demanda no es ni ilimitado ni beneficioso, se presenta como una urgencia, en primer lugar, reducir este consumo y, en segundo lugar, recurrir a fuentes de energía renovables para satisfacer la demanda que resulte inevitable. Dado que una buena parte del consumo energético de nuestras ciudades se destina a la climatización de edificios, las ventanas inteligentes (*smart windows* [SW]) se presentan hoy en día como un medio idóneo para reducir este consumo, puesto que disminuyen de manera importante el gasto en aire acondicionado (Baetens, 2010). Una ventana inteligente consiste en un vidrio cuyo grado de transparencia se puede regular mediante la aplicación de un voltaje, de manera que se puede disminuir notablemente el calentamiento del interior de un edificio sin más que llevar la ventana a un estado más opaco. Por otro lado, para que la instalación sea verdaderamente eficiente, el objetivo es que estos dispositivos se alimenten con energía solar. Para ello, es necesario dimensionar adecuadamente el sistema fotovoltaico,

de manera que sea suficiente para garantizar el funcionamiento sin exceder el espacio disponible en el edificio para instalar los paneles solares. En este trabajo se ha estudiado el consumo de una ventana inteligente comercial y se ha simulado el sistema fotovoltaico que se requeriría para su alimentación, lo cual sienta las bases de la puesta en práctica de este tipo de sistemas.

En la actualidad, se trabaja con ventanas inteligentes basadas en dos tecnologías diferentes: cristales líquidos y óxidos electrocrómicos (Lampert, 1998 y 2003; Wong, 2014). En estudios previos (Guillén, 2015a y 2015b) se ha constatado que las ventanas basadas en cristales líquidos requieren para mantener su estado transparente de un aporte continuado de energía y tensión eléctrica en alterna, lo cual supone una situación ideal para una alimentación directa de la red eléctrica, pero adversa si se piensa en una alimentación autónoma y aislada. Por el contrario, los elementos electrocrómicos requieren un aporte de energía en tensión continua y solo durante el proceso de cambio de estado (de oscuro a claro o viceversa), manteniendo el mismo estado sin consumo una vez alcanzado, lo cual se presenta como una situación más fa-

vorable desde el punto de vista del gasto energético. Por ello, este trabajo se centra en estos últimos materiales.

La ventana analizada es de doble acristalamiento y consta, además del dispositivo electrocrómico embutido entre dos vidrios, de un separador de 16 mm y un vidrio con recubrimiento de baja emitancia (*low-e*) en la cara externa, que conlleva mejoras adicionales en el comportamiento energético del edificio (Chow, 2010). La ventana permite distintos niveles de oscurecimiento, determinados por el controlador conectado al dispositivo electrocrómico, y el estudio de su funcionamiento ha sido el primer objetivo del presente trabajo. En segundo lugar, se ha determinado la influencia de la tensión de alimentación y de la forma de uso en el consumo energético. Una vez medido el consumo de los ciclos de aclarado-oscurecido, se ha estimado el consumo de un perfil de uso cotidiano, para así proceder al dimensionado del sistema fotovoltaico que ha de alimentar la SW de manera autónoma, para lo cual se ha hecho uso del programa de simulación PV GIS, de libre acceso (European Commission, 2016). Por último, se ha ensayado un prototipo de sistema autónomo.

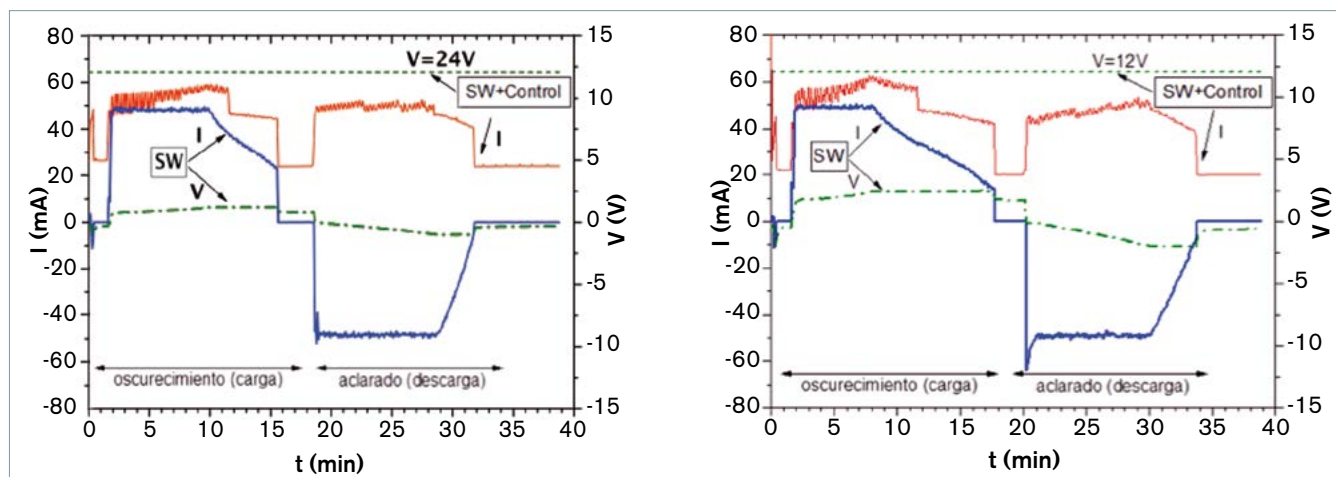


Figura 1. Evolución de la corriente y la tensión durante un ciclo completo de oscurecimiento y aclarado, medidas a la entrada del controlador (SW + control) y de la ventana (SW). El controlador se alimenta a 24 V (izquierda) y a 12 V (derecha).

### Descripción del sistema experimental

Para alimentar y medir el consumo de los cambios de estado de la ventana se ha utilizado una fuente bipolar de tensión continua modelo Keithley 2635A. La dificultad proviene de los peculiares procesos de oscurecimiento y aclarado del dispositivo electrocrómico, similares a los de carga y descarga de algunas baterías (Granqvist, 2014). Deben realizarse a un ritmo apropiado mediante rampas de tensión y detectar previamente el estado actual del dispositivo, para iniciar dichas rampas en el punto adecuado. En este caso, se ha optado por utilizar el controlador (o selector de estado) que añade el fabricante, dado que este garantiza un funcionamiento prolongado de la ventana.

Su interfaz consta de cinco leds y dos pulsadores para cambiar el estado, de forma que en el nivel más bajo, que llamamos N1 (máxima transparencia), solo un led permanece encendido, y tras pulsar cuatro veces el botón *up* conseguimos que se enciendan los cinco leds alcanzando el nivel N5 correspondiente al máximo oscurecimiento. Al desenchufar el controlador, la ventana se mantiene en el último nivel de oscurecimiento marcado. Al volver a enchufarlo, se observa un proceso de inicialización o estabilización, que consiste en llevar el dispositivo al nivel N1 (máxima transparencia), volviendo después al último estado marcado, de manera que el controlador tiene la capacidad de recordar el estado del que partió y volver a dicho estado.

Por cuestiones prácticas, los cálculos se han realizado tomando esta ventana de 40 cm x 55 cm (esto es 0,22 m<sup>2</sup>) como unidad, y después se traducirá el consumo energético a unidades estándar de Wh/m<sup>2</sup>.

### Resultados

#### 1. Consumo en función de los parámetros eléctricos y perfiles de uso

El montaje experimental realizado ha permitido modificar la tensión aplicada al controlador y medir simultáneamente diferentes parámetros (básicamente la corriente de entrada al controlador, la corriente que alcanza el dispositivo electrocrómico de la ventana y el voltaje que actúa sobre dicho dispositivo) en función del tiempo. Así, la evolución de estos parámetros se ha registrado durante el proceso de oscurecimiento (evolución desde el nivel N1 a N5) y el subsiguiente aclarado (desde N5 a N1), considerados dos semiciclos sucesivos que forman un ciclo completo de operación de la ventana.

#### 1.1 Influencia en el consumo de la tensión aplicada al controlador

El fabricante estipula que el controlador se alimenta con una tensión de 24 V. Sin embargo, se han repetido todas las medidas para valores decrecientes del voltaje de alimentación, y se ha comprobado que el controlador y la ventana funcionan sin ningún problema para cualquier valor de voltaje no inferior a 12 V, y el comportamiento eléctrico y óptico es esencialmente el mismo.

En las gráficas de la figura 1 se puede ver la intensidad de corriente que llega al controlador (rojo) y la que verdaderamente alcanza la ventana (azul) cuando se alimenta el sistema con una tensión constante de 24 o 12 V (gráficas izquierda y derecha, respectivamente). Asimismo, en línea verde discontinua se muestran el voltaje aplicado (constante) y el que alcanza la ventana (rampa establecida por el controlador).

Lo primero que se observa es que la rampa de voltaje que el controlador destina a la ventana es mucho menor que el voltaje aplicado al controlador y, además, es esencialmente independiente de este. Por otra parte, la corriente que llega a la ventana es muy similar a la corriente global. Por tanto, la primera conclusión es que la mayor parte de la potencia suministrada es consumida por el controlador, y solo una pequeña fracción se invierte en el funcionamiento de la ventana, tal como se ilustra en la figura 2.

En segundo lugar, se comprueba que la corriente que llega al controlador tiene un comportamiento muy similar sea cual sea el voltaje de alimentación, por lo que, en primera aproximación, la potencia consumida aumenta linealmente con este voltaje. Por tanto, desde el punto de vista del consumo, lo óptimo es alimentar la ventana con un potencial de 12 V. Tampoco el tiempo invertido en cada ciclo depende apreciablemente del voltaje, por lo que trabajar a voltajes superiores no supondría ninguna mejora a efectos de la comodidad del usuario.

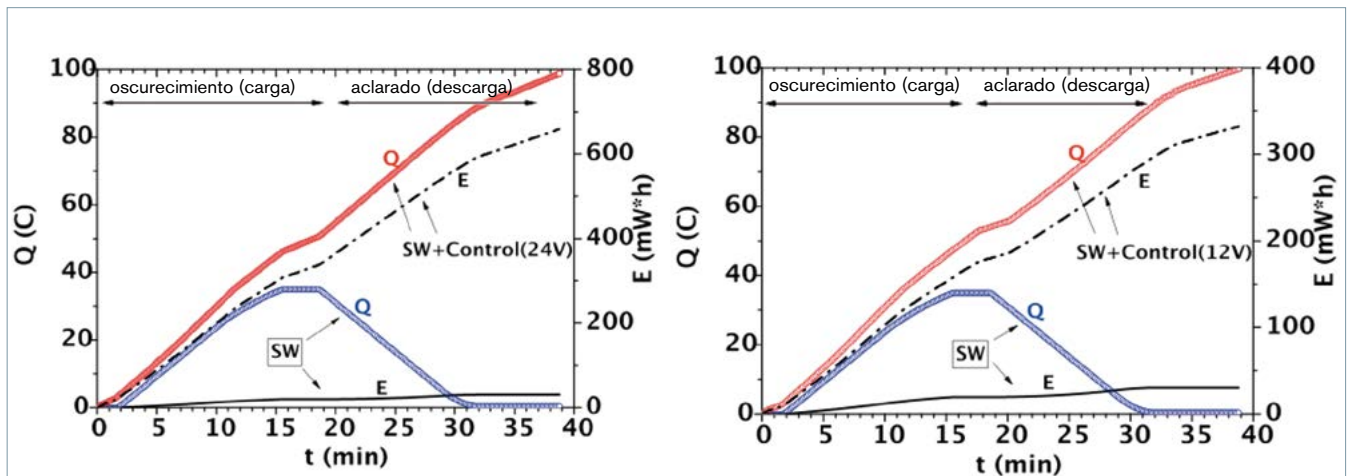


Figura 2. Evolución de la carga y el consumo energético durante un ciclo completo de oscurecimiento y aclarado, alimentando el controlador a 24 V (izquierda) o a 12 V (derecha).

Tensión (V)	Carga (C)	Tiempo carga		Consumo carga (mW·h)	Descarga (C)	Tiempo descarga		Consumo descarga (mW·h)	Consumo carga + descarga (mW·h)
		min	seg			min	seg		
24	41,97	13	40	280	35,90	12	40	240	520
20	38,82	12	43	216	34,52	12	28	192	408
18	38,01	12	36	191	33,93	12	33	170	361
16	39,01	12	53	174	33,69	12	32	150	324
14	39,47	12	57	154	33,39	12	28	130	284
12	39,68	12	50	132	32,80	12	20	110	242

Tabla 1. Parámetros determinados durante los semiciclos de carga y descarga para distintos voltajes de alimentación del controlador.

Como se puede apreciar, cuando finaliza cada proceso (aclarado u oscurecido), deja de circular corriente por la ventana. Sin embargo, si se mantiene conectado el sistema, el controlador sigue recibiendo cierta corriente, constante en el tiempo y notablemente menor que la invertida en los ciclos, pero que no es ni mucho menos despreciable. De hecho, si se deja la ventana en espera (*stand-by*) durante largo tiempo, será la contribución mayoritaria al consumo global.

En la tabla 1 se recogen los datos de carga y consumo correspondientes a los dos semiciclos y al ciclo global para distintos voltajes de alimentación. Se constata, en efecto, que ni la duración de los procesos ni la carga consumida en ellos dependen de una manera sistemática de la tensión aplicada, de manera que el consumo es, aproximadamente, proporcional a ella.

### 1.2 Influencia en el consumo de la estabilización y tiempo de espera

Cuando se conecta el controlador, se requiere un tiempo de estabilización, que lleva a la ventana inevitablemente al estado de máxima transparencia (nivel 1), sin que los botones *up* y *down* del controlador estén disponibles para el usuario.

Si el controlador se desconecta cuando se encuentra en el nivel 1, el proceso de estabilización al conectarlo dura apenas unos segundos. Finalizado este lapso de tiempo, la ventana permanece en el nivel 1 y el usuario ya puede disponer de los botones para cambiar de nivel.

Sin embargo, si se desconecta cuando se encuentra en un nivel distinto (N2 o superior), cuando se conecta de nuevo, el proceso de estabilización no concluye con la llegada al nivel 1: al llegar a este nivel, los botones pa-

san a estar disponibles, pero, si no se indica otra cosa, la ventana vuelve al estado en el que se encontraba cuando fue conectada. Así pues, lo que ocurre durante la estabilización es en realidad un proceso de aclarado (inevitable y no controlado por el usuario) similar al que tendría lugar si el usuario indicara mediante los botones el tránsito al nivel 1, seguido de un proceso de oscurecido hasta llegar al nivel de partida (salvo que el usuario indique lo contrario).

En la figura 3, en color negro, se representa la intensidad de corriente que circula por el controlador cuando se conecta estando en el nivel 5 y se alimenta a 12 V. Se puede observar que los procesos de aclarado y oscurecido son similares si tienen lugar de manera automática (durante la estabilización) o si se hace de manera controlada por parte del usuario. En color rojo se re-



presentan superpuestas las curvas de intensidad que se obtienen cuando el ciclo tiene lugar a petición del usuario partiendo del nivel 1 (curva roja de la figura 1), pero adecuando el orden de los procesos: primero el aclarado y después el oscurecido.

Tras repetir varias veces los ciclos controlados y compararlos con los automáticos, se ha concluido que el consumo del semiciclo de aclarado es muy similar en ambos casos, y su diferencia es del orden del error experimental. Por tanto, en los cálculos, el consumo del proceso de aclarado durante la estabilización es perfectamente sustituible por el consumo calculado para el proceso controlado.

Sí se observa una tendencia sistemática en lo que respecta al semiciclo de oscurecido: en el proceso automático, la corriente (y, por tanto, el consumo) es significativamente menor, pero esto se debe a que los leds del controlador se mantienen apagados en este semiciclo de la estabilización. En cambio, en el semiciclo de aclarado automático, los leds parpadean, con lo que no hay un descenso apreciable en el consumo debido a esta contribución.

A 12 V, el consumo por dejarlo conectado en el nivel 5 (máxima oscuridad) es de 240 mW en promedio. Puesto que el consumo de un ciclo completo es de unos 240 mWh (tabla 1), es más eficiente desde el punto de vista energético desconectar el controlador cuando la ventana está oscurecida que mantenerlo más de una hora en *stand-by*. Sin embargo, desde el punto de vista de la comodidad del usuario, esto puede suponer un problema, puesto que es necesario esperar un tiempo de una media hora cuando se vuelve a conectar.

Cabe recordar que, si se desconecta la ventana en el nivel 5 y se vuelve a conectar cuando se desea aclararla, esperando todo el ciclo de estabilización, el consumo se duplica, puesto que la estabilización consume tanto como un ciclo manual. Por tanto, el modo de empleo que minimiza el consumo es aprovechar el paso de N5 a N1 de la estabilización para realizar el aclarado deseado. Esto tiene el inconveniente de que el usuario tiene que estar pendiente de interrumpir el proceso de estabilización en el nivel 1 (justo cuando los botones del controlador pasan a estar disponibles).

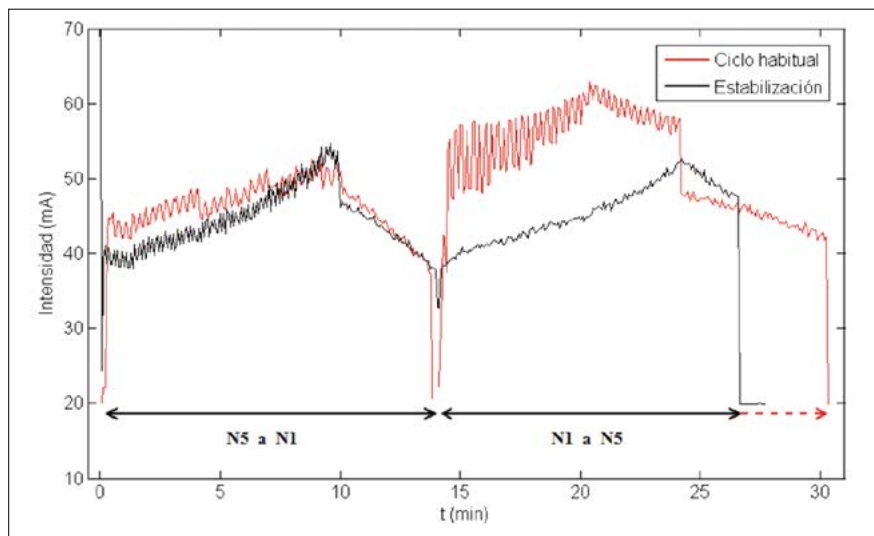


Figura 3. Comparación de la corriente a la entrada del controlador, alimentado a 12 V, durante el ciclo habitual (rojo) y durante el proceso de estabilización (negro).

Por supuesto, dado que la estabilización partiendo del nivel 1 dura unos segundos y no contribuye apenas al consumo total, siempre resultará más favorable desconectarlo al llegar al estado transparente que mantenerlo en *stand-by*.

### 1.3 Estimación del consumo anual para diferentes perfiles de uso

Se han supuesto tres perfiles de consumo posibles en función del modo de empleo que decida seguir el usuario:

Perfil 1: únicamente se consume energía durante las transiciones (aclarado u oscurecido), es decir, cuando la ventana llega al nivel deseado, se desconecta el controlador. En este caso, el consumo diario corresponde únicamente al de un ciclo completo: 242 mWh.

Perfil 2: el controlador no se desconecta nunca, sino que se queda en *stand-by* al llegar al nivel deseado. El consumo corresponde entonces al de un ciclo completo más el de mantener el *stand-by* las 23 horas y 35 minutos restantes.

Perfil 3: cuando la ventana llega al nivel 5, se mantiene en *stand-by* (para evitar el incómodo proceso de estabilización desde este nivel), pero permanece desconectada durante el tiempo que se encuentra en el nivel 1 (puesto que la estabilización desde el nivel 1 no supone incomodidad alguna).

Hay que tener en cuenta que en el perfil 3 el consumo depende de las horas que transcurran desde el oscureci-

do hasta el aclarado. A tal efecto se ha supuesto un perfil horario tipo (Lee, 2006), que razonablemente puede corresponder a las horas en las cuales un usuario quiera evitar el sol dependiendo de la época del año. La tabla 2 muestra el consumo mensual y anual de acuerdo con este perfil.

### 2. Dimensionado del generador para funcionamiento autónomo

El objetivo propuesto es alimentar la SW mediante energía solar fotovoltaica, puesto que de esta manera la instalación será verdaderamente eficiente (Lampert, 2003). Para ello se puede optar por dos enfoques:

Integrarlo dentro de un sistema global conectado a la red, en cuyo caso el consumo de la ventana simplemente supondrá una contribución más al consumo total del edificio.

Confeccionarlo como un sistema autónomo. En este caso, hay que estimar cuáles han de ser las características del módulo fotovoltaico y de la batería para garantizar que la energía generada sea suficiente para alimentar la ventana en todo momento. Este sistema integrado supone una ventaja evidente en cuanto a su instalación.

Dimensionar la alimentación del sistema autónomo es precisamente el objetivo del presente trabajo.

Mediante el programa PV GIS (European Commission, 2016), se calculó la energía producida cada mes del año en función de la orientación del módulo (horizontal o situado en las fachadas

Perfil 3 (1 ciclo + on + off)	0.22 m <sup>2</sup> SW + Control a 12V: Distribución horaria del consumo diario			
	Off (0 mWh)	Carga + espera (on) (132 mWh + 240 mW*[x h - 13 min])	Descarga & off (110 mWh)	Consumo diario (Wh)
Enero	0-10 h	10-16 h (x = 6)	16-24 h	1,63
Febrero	0-10 h	10-16 h (x = 6)	16-24 h	1,63
Marzo	0-10 h	10-17 h (x = 7)	17-24 h	1,87
Abril	0-9 h	9-18 h (x = 9)	18-24 h	2,35
Mayo	0-9 h	9-19 h (x = 10)	19-24 h	2,59
Junio	0-9 h	9-20 h (x = 11)	20-24 h	2,83
Julio	0-9 h	9-20 h (x = 11)	20-24 h	2,83
Agosto	0-9 h	9-20 h (x = 11)	20-24 h	2,83
Septiembre	0-9 h	9-19 h (x = 10)	19-24 h	2,59
Octubre	0-9 h	9-18 h (x = 9)	18-24 h	2,35
Noviembre	0-10 h	10-17 h (x = 7)	17-24 h	1,87
Diciembre	0-10 h	10-16 h (x = 6)	16-24 h	1,63

Tabla 2. Distribución temporal del consumo estimado para el perfil 3.

norte, sur, este y oeste) y de su potencia pico, todo ello para la situación geográfica del laboratorio donde se realizó este trabajo (en Madrid 40°27' N; 3°44' O). A continuación, se cotejó con el consumo mensual de la ventana en cada una de las tres modalidades de uso (perfiles 1, 2 y 3 [tabla 3]) para estimar si la energía producida cada mes es o no suficiente para satisfacer cada exigencia de consumo. Para verificarlo de manera más minuciosa, se llevó a cabo la simulación del sistema autónomo, que arroja como resultado el número de días en que la producción es insuficiente y el número de días en que, por el contrario, la batería alcanza su plena carga y, por lo tanto, parte de la energía se desperdicia.

Además, se ha ensayado un sistema experimental alimentado con un módulo de 1,8 W de potencia máxima nominal (véase la sección 3) y una batería de 3 Ah. Por tanto, para poder compararlos con el sistema experimental, se han realizado los cálculos suponiendo una placa con dicha potencia pico o un múltiplo de esta: x2, x3 y x5. Durante el desarrollo de estos cálculos se ha observado que aumentar la carga de la batería a 5 Ah hace que en muchas situaciones sea suficiente con un módulo menos potente del que sería necesario con una batería de 3 Ah.

Como se ha descrito anteriormente, el consumo de una ventana de 0,22 m<sup>2</sup> es muy pequeño en comparación con

	22 m <sup>2</sup> SW + control a 14 V: Consumo mensual y anual de energía (kWh)		
	Perfil 1 1 ciclo/día	Perfil 2 (1 ciclo + on)/día	Perfil 3 (1 ciclo + on + off)/día
Enero (31 días)	0,880	21,297	5,890
Febrero (28 días)	0,795	19,236	5,320
Marzo (31 días)	0,880	21,297	6,758
Abril (30 días)	0,852	20,610	8,220
Mayo (31 días)	0,880	21,297	9,362
Junio (30 días)	0,852	20,610	9,870
Julio (31 días)	0,880	21,297	10,199
Agosto (31 días)	0,880	21,297	10,199
Septiembre (30 días)	0,852	20,610	9,060
Octubre (31 días)	0,880	21,297	8,494
Noviembre (30 días)	0,852	20,610	6,540
Diciembre (31 días)	0,880	21,297	5,890
Consumo anual (365 días)	10,363	250,755	95,802

Tabla 3. Consumos mensuales correspondientes a un ciclo diario según los diferentes perfiles de uso, calculados para un voltaje de alimentación de 14 V.

el consumo de otros aparatos que habitualmente se alimentan con energía solar, por lo que el programa PV GIS no permite realizar los cálculos en ese orden de magnitud. Por ello, se ha es-

calado el sistema 100 veces (tanto el consumo como la potencia del módulo y la capacidad de la batería), lo que en realidad correspondería a la alimentación de 22 m<sup>2</sup> de ventana.

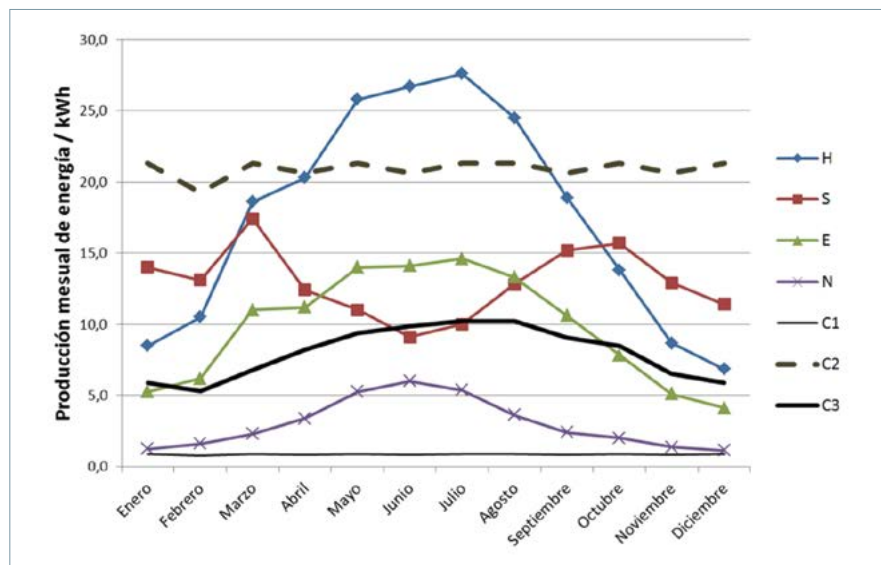


Figura 4. Evolución mensual de la generación según la posición del módulo FV (180 W, 12 V): horizontal (H), fachada sur (S), fachada este (E), fachada norte (N); en comparación al consumo de las ventanas (22 m<sup>2</sup> SW) + controlador según el perfil de uso: perfil 1 (C1), perfil 2 (C2) y perfil 3 (C3).

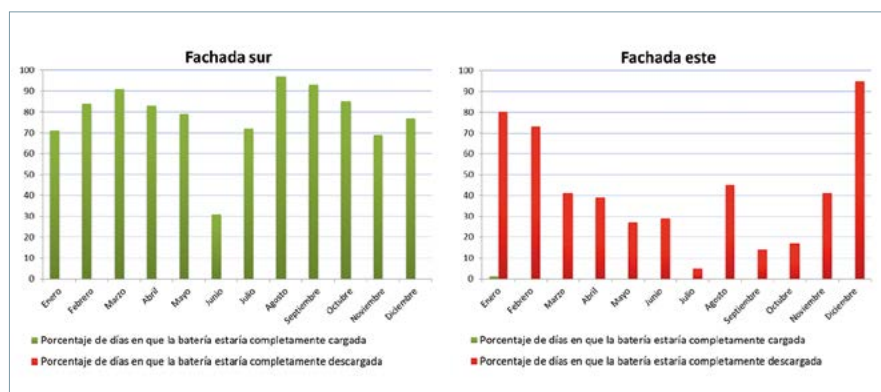


Figura 5. Funcionamiento del sistema autónomo (módulo FV de 180 W y batería 500 Ah) para el perfil 3 de consumo de las ventanas (22 m<sup>2</sup> SW) + controlador.

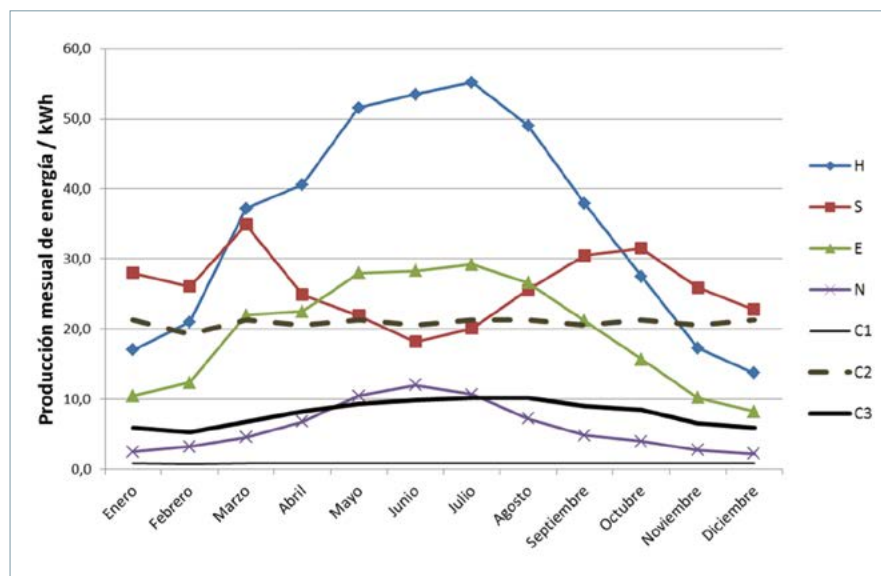


Figura 6. Evolución mensual de la generación según la posición del módulo FV (360 W, 12 V): horizontal (H), sur (S), este (E), norte (N); en comparación al consumo de las ventanas (22 m<sup>2</sup> SW) + controlador según el perfil 1 (C1), perfil 2 (C2) y perfil 3 (C3).

Como se ha visto en el apartado 1, el controlador funciona perfectamente si se alimenta con un potencial de 12 V, de manera que se utilizará para los cálculos (y para el montaje experimental) una batería de dicha tensión. Sin embargo, si una batería con un voltaje nominal de 12 V está bien cargada, se puede superar notablemente ese voltaje. Por tanto, el consumo calculado para 12 V puede estar subestimado. Por esa razón, para mayor seguridad, se han introducido en las simulaciones los datos de consumo calculados para 14 V, sabiendo que el resultado puede estar levemente sobredimensionado. En la tabla 3 se muestran los consumos mensuales de cada una de las tres modalidades de uso.

*Módulo de 180 W*

Según se muestra en la figura 4, el módulo de 180 W genera claramente más energía de la consumida en el perfil 1 todos los meses del año y sea cual sea la orientación de la placa.

El mismo módulo genera también más energía de la requerida por el perfil 3 si se coloca en posición horizontal, pero parece ser insuficiente algunos meses en las fachadas sur y este (u oeste, que se omite en la representación debido a su similitud con la fachada este). Para confirmar este hecho, se ha realizado la simulación del sistema autónomo, imponiendo el consumo correspondiente (figura 5).

Estos cálculos muestran que en la fachada sur la placa de 180 W es suficiente para mantener el consumo del perfil 3, pero no en la fachada este.

Cabe advertir que el programa que se utilizó para las simulaciones no realiza correctamente los cálculos en la fachada norte, por lo que la única referencia de que disponemos es el cálculo de energía producida, que resulta claramente insuficiente para cualquier consumo que no sea el perfil 1. En cualquier caso, es de esperar que no sea preciso instalar el generador fotovoltaico en la fachada norte.

*Módulo de 360 W*

La energía generada por el módulo de 360 W (figura 6) sobrepasa claramente la necesidad de consumo de los perfiles 1 y 3 (salvo en la fachada norte). En algunos meses excede incluso el consumo del perfil 2. La figura 7 muestra que, si la placa se dispone en el plano horizontal, este consumo se puede sos-

tener en los meses de verano, pero en los meses de invierno resulta insuficiente. En la fachada sur el consumo sí se puede mantener, aunque sería quizá insuficiente algún día en invierno.

**Módulo de 540 W**

El módulo de 540 W es claramente suficiente para garantizar los perfiles 1 y 3 de consumo en todas las épocas del año y todas las orientaciones (salvo en la fachada norte los meses de otoño-invierno), como ilustra la figura 8. Además, la energía generada es superior a la requerida por el perfil 2 durante todos los meses del año tanto en posición horizontal como en la fachada sur, así como entre los meses de marzo y octubre en la fachada este.

La figura 9 muestra que, efectivamente, el módulo de 540 W sería capaz de alimentar la ventana manteniendo el perfil 2 de consumo en posición horizontal, salvo quizá algún día en diciembre o enero. Se puede observar también que, entre octubre y abril, este módulo resultaría insuficiente en la fachada este, aunque la energía generada a lo largo de todo el mes supera, en términos absolutos, a la consumida con el perfil 3.

**Módulo de 900 W y superiores**

El módulo de 900 W genera más energía de la requerida para el perfil 2 en todas las posiciones (excepto norte), pero al realizar la simulación se observa que hay muchos días en invierno en que la batería se descargaría en la fachada este (u oeste).

De hecho, cálculos sucesivos (que no se representan aquí) muestran que, si se quiere mantener el *stand-by* todos los meses en la fachada este u oeste, haría falta una placa de al menos 1.500 W, y aun así no sería suficiente algunos días de diciembre y enero. Para seguridad completa, se precisaría una placa de 1.800 W. Así pues, parece razonable renunciar a este modo de empleo, teniendo en cuenta que desconectar el controlador durante la noche (en el nivel 1) no supone una gran incomodidad.

Un resumen de los perfiles de consumo garantizados en función del sistema generador y su ubicación se presenta en la tabla 4.

**3. Análisis de un prototipo autónomo**

Una vez caracterizada eléctricamente la SW y dimensionado el generador fo-

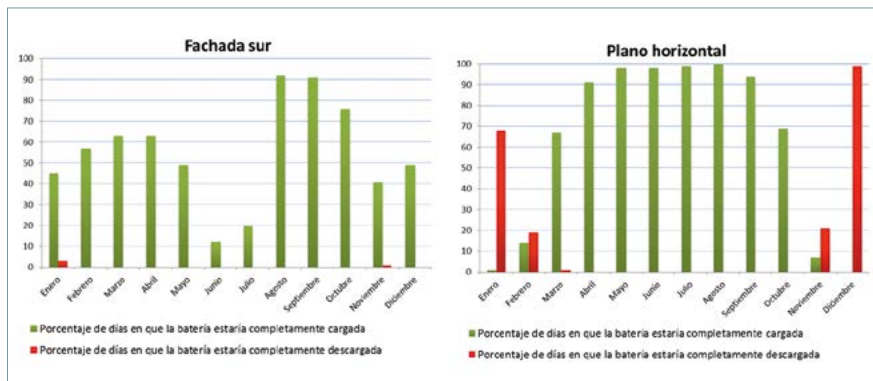


Figura 7. Funcionamiento del sistema autónomo (módulo FV de 360 W y batería 500 Ah) para el perfil 2 de consumo de las ventanas (22 m² SW) + controlador.

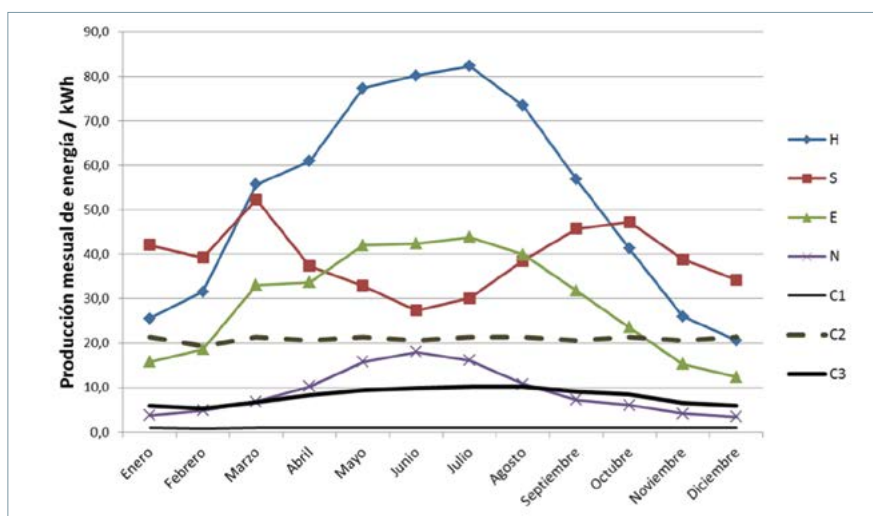


Figura 8. Evolución mensual de la generación según la posición del módulo FV (540 W, 12 V): horizontal (H), sur (S), este (E), norte (N); en comparación al consumo de las ventanas (22 m² SW) + controlador según el perfil 1 (C1), perfil 2 (C2) y perfil 3 (C3).

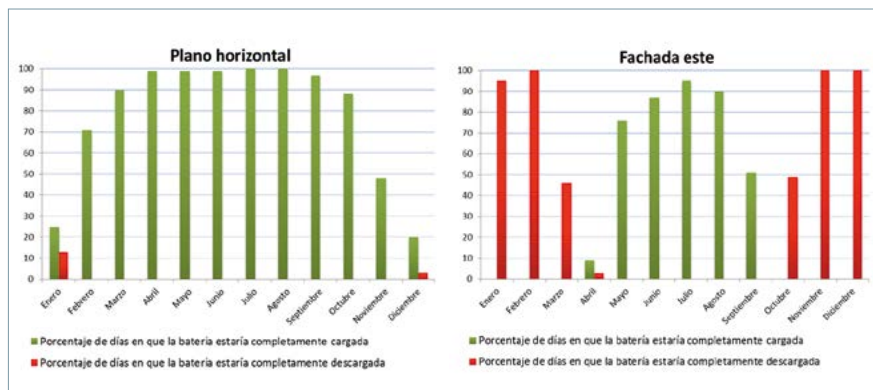


Figura 9. Funcionamiento del sistema autónomo (módulo FV de 540 W y batería 500 Ah) para el perfil 2 de consumo de las ventanas (22 m² SW) + controlador.

tovoltaico, se elaboró un prototipo experimental de alimentación autónoma. Para ello se hizo uso de un módulo fotovoltaico de 1,8 W de potencia nominal y una batería de 12 V y 3 Ah, si bien la caracterización eléctrica del módulo mostró una potencia máxima real de

776 mW, y los ensayos de la batería indicaron que su capacidad era de 1,8 Ah.

Las pruebas tuvieron lugar en Madrid (40° 27' N; 3° 44' O) durante las dos últimas semanas de mayo y la primera semana de junio, con irradiancias diarias del orden de 3.000 W/m²

Generador FV + Batería	Horizontal	Sur	Este-oeste	Norte *
180 W + 500 Ah	C1, C3	C1, C3	C1	C1
360 W + 500 Ah	C1, C3	C1, C3, C2	C1, C3	C1
540 W + 500 Ah	C1, C3, C2	C1, C3, C2	C1, C3	C1
900 W + 500 Ah	C1, C3, C2	C1, C3, C2	C1, C3	C1, C3
1.500 W + 500 Ah	C1, C3, C2	C1, C3, C2	C1, C3, C2	C1, C3

\*Para la fachada norte no se ha realizado la simulación del sistema autónomo. Se ha inferido que es suficiente en los casos en que energía producida es muy superior a la consumida.

Tabla 4. Perfiles de consumo (C1, C2 y/o C3) cuya alimentación autónoma se puede garantizar con cada uno de los módulos y en cada una de las orientaciones.

los días más nublados, de entre 6.000 y 8.000 W/m<sup>2</sup> en días intermedios y llegando incluso a 10.000 W/m<sup>2</sup> en los días más soleados de junio.

El módulo se colocó en posición horizontal en una ventana orientada al sur, que, debido a la configuración del edificio y de sus alrededores, solo recibía radiación directa desde las 10.00 horas hasta las 16.00 horas, aproximadamente (aunque esto varía lógicamente con el paso de las semanas).

Así pues, el ensayo del prototipo se llevó a cabo en condiciones menos favorables que los cálculos realizados en la sección anterior.

Se ensayaron tres modalidades de consumo:

-Correspondiente únicamente a un ciclo completo diario.

-Un ciclo completo diario manteniendo conectado el *stand-by* durante todo el tiempo que la ventana se encontraba en estado oscuro (entre las 9.00 horas y las 17.00 horas).

-Un ciclo completo diario manteniendo el *stand-by* las 24 horas.

Lo primero que se observó fue que en las horas centrales de los días soleados la energía generada por el módulo es suficiente para alimentar el funcionamiento de la ventana, y que incluso la batería se carga durante el proceso. En días nublados o cuando el módulo no recibe radiación directa, la potencia generada es menor que la consumida por la ventana mientras está funcionando con la batería, pero a lo largo de todo el día este déficit se compensa con creces y el sistema autónomo resulta más que suficiente para mantener un ciclo diario.

En segundo lugar, salvo en los días con más baja irradiancia, el sistema au-

tónomo bastó para alimentar un ciclo diario manteniendo el *stand-by* durante las, aproximadamente, siete horas de estado oscuro. En los días más soleados, la batería incluso se cargaba de manera significativa.

Por último, cabe añadir que, ni siquiera en los días de mayor irradiancia, el sistema fotovoltaico fue suficiente para sostener el *stand-by* las 24 horas.

### Conclusiones

Se ha llevado a cabo la caracterización eléctrica de una ventana inteligente comercial, tanto del dispositivo electrocrómico como del sistema de control necesario para su uso, con el objetivo de comprender el funcionamiento del controlador y de estimar el consumo de energía y de carga. Se ha concluido que la mayor parte de la potencia suministrada al sistema se invierte en hacer funcionar el controlador.

A partir de las medidas eléctricas, se ha estimado el consumo global correspondiente a un ciclo de oscurecido-clarado diario, en función de si se opta o no por desconectar el controlador en los periodos de inactividad. La conclusión a la que se ha llegado es que mantener el *stand-by* las 24 horas es demasiado costoso, mientras que, si se mantiene conectado solo durante el tiempo que la ventana permanece en estado oscuro, no se requiere un excesivo gasto energético y queda garantizada la comodidad en el empleo. En cambio, si se desconecta el controlador en todos los periodos de inactividad, la demanda energética es mínima y se satisface con facilidad, pero requiere un modo de empleo más incómodo. En cualquier caso, en

el presente artículo se recogen los requerimientos del sistema fotovoltaico necesario para garantizar cada una de las modalidades de consumo que se han propuesto.

Por último, se ha ensayado un prototipo de alimentación autónoma de la SW en condiciones reales menos favorables que las impuestas en las simulaciones. Se concluye que un módulo fotovoltaico de baja potencia y una batería sencilla bastan para alimentar la SW y mantener el *stand-by* en el estado oscuro en días de radiación alta e intermedia, aunque resultan insuficientes para mantener el *stand-by* las 24 horas del día.

### Agradecimientos

El presente trabajo se ha realizado en el marco del programa OMEGA-CM, Ref. S2013/MAE-2835 (convocatoria "Tecnologías 2013"), que es un programa multidisciplinar de I + D, financiado por la Comunidad de Madrid y cofinanciado con Fondos Estructurales de la Unión Europea. Los autores agradecen esta financiación.

### Bibliografía

- Baetens R, Jelle BP, Gustavsen A (2010). Properties, requirements and possibilities of smart windows for dynamic daylight and solar energy control in buildings: A state-of-the-art review. *Solar Energy Materials and Solar Cells*. 94: 87-105.
- Chow T, Li C, Lin Z (2010). Innovative solar windows for cooling-demand climate. *Solar Energy Materials and Solar Cells*. 94: 212-220.
- European Commission. Photovoltaic Geographical Information System. Disponible en: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php> (Consultado en abril de 2016).
- Granqvist CG (2014). Electrochromics for smart windows: Oxide-based thin films and devices. *Thin Solid Films*. 564: 1-38.
- Guillén C, Trigo JF, Herrero J (2015). *Caracterización de ventanas inteligentes basadas en cristales líquidos*. Real Sociedad Española de Física, Madrid. ISBN 978-84-606-9611-7.
- Guillén C, Trigo JF, Herrero J (2015). *Characterization of smart windows based on polymer-dispersed liquid crystals and application of ITO low-emissivity coatings*. Current Trends in Energy and Sustainability. ISBN 978-84-608-5438-8.
- Lampert CM (1998). Smart switchable glazing for solar energy and daylight control. *Solar Energy Materials and Solar Cells*. 52: 207-221.
- Lampert CM (2003). Large-area smart glass and integrated photovoltaics. *Solar Energy Materials and Solar Cells*. 76: 489-499.
- Lee ES, Selkowitz SE, Clear RD, DiBartolomeo DL, Klems JH, Fernandes LL, Ward GJ, Inkarojrit V, Yazdani M (2006). Advancement of Electrochromic Windows. California Energy Commission, PIER. Publication number CEC-500-2006-052.
- Wong KV, Chan R (2014). Smart glass and its potential in energy savings. *Journal of Energy Resources Technology*. 136: 012002.

*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](http://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](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](mailto: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.

# Aportaciones de la ingeniería industrial en el desarrollo de materiales óseos para la formación médica

*Contributions of industrial engineering in the development of bone materials for medical training*

Juan Antonio Juanes Méndez<sup>1</sup>, Fernando Blaya Haro<sup>2</sup> y María Teresa Ugidos Lozano<sup>3</sup>

## Resumen

La aplicación de la ingeniería industrial al ámbito biosanitario cada vez desempeña un papel más relevante en el diseño y creación de estructuras anatómicas, con fines tanto docentes como para aplicaciones médico-quirúrgicas. Gracias a la colaboración conjunta entre ingenieros industriales y profesionales en el campo de la anatomía humana, hemos generado piezas óseas muy precisas mediante técnicas de prototipado rápido, para el estudio morfológico detallado de los diferentes relieves o accidentes óseos. De esta manera, se mejora la visión anatómica de los detalles óseos que en las piezas reales, en la mayoría de los casos, no pueden verse con facilidad, por estar, generalmente, muy deteriorados.

Presentamos en este artículo la fabricación aditiva de los huesos del cráneo, tras su reconstrucción tridimensional con escáneres de alta precisión. La aplicación de técnicas y softwares específicos de ingeniería industrial para el procesamiento de modelos anatómicos tridimensionales nos ha permitido elaborar nuestras piezas óseas con una excelente similitud a los modelos reales.

## Palabras clave

Ingeniería industrial, fabricación aditiva, huesos, cráneo, formación médica.

## Abstract

*The application of industrial engineering to the biosanitary field plays an increasingly relevant role in the design and creation of anatomical structures, for both teaching purposes and medical-surgical applications. Thanks to the joint collaboration between industrial engineers and professionals in the field of Human Anatomy, we have generated very precise bone models, using rapid prototyping techniques, for the detailed morphological study of the different reliefs. This allowed improving the anatomical view of bone details that cannot be seen in original bones because of deterioration.*

*In this study, we have presented additive fabrication of the skull, after performing three-dimensional reconstruction with high precision scanners. The application of specific techniques and software used in the field of industrial engineering for the processing of three-dimensional anatomical models has allowed us to elaborate our bony pieces with an excellent similarity to the original samples.*

## Keywords

*Industrial engineering, additive fabrication, bones, cranium, medical training.*

Recibido / Received: 22.09.2016. Aceptado / Accepted: 22.02.2017

<sup>1</sup>Departamento de Anatomía Humana. Facultad de Medicina de la Universidad de Salamanca. <sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Mecánica, Química y Diseño Industrial. Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial, de la Universidad Politécnica de Madrid. <sup>3</sup>Médico odontólogo y estomatólogo. IUCE. Universidad de Salamanca.

Autor para correspondencia / Corresponding author: Juan A. Juanes (jajm@usal.es). Departamento de Anatomía Humana, Facultad de Medicina, Avda. Alfonso X El sabio s/n, 37007 Salamanca.



Alumnas con un modelo anatómico de cráneo en 3D.

## Introducción

La medicina tiene un buen pilar en las técnicas y herramientas que le ofrece la ingeniería industrial (Anderson, 2010). Gracias a esta colaboración se están construyendo materiales médicos muy valiosos tanto para la docencia de la medicina como para la práctica quirúrgica (McGurk et al., 1997; Hieu et al., 2003; Suzuki et al., 2004; Hurson et al., 2007; Drstvensek et al., 2008; Bagaria et al., 2011; Yih-Lin et al., 2012; Zhao et al., 2012).

La utilización de diferentes parámetros matemáticos para el desarrollo de piezas anatómicas constituye hoy día un avance tecnológico en ciencias de la salud al permitir elaborar así estructuras corporales sintéticas que sirven de apoyo a la formación médica (McGurk et al., 1997) y en las simulaciones quirúrgicas, como entornos o sistemas de entrenamiento previo a una intervención (Potamianos, 1998; Hieu et al., 2003; Suzuki et al., 2004; Hurson et al., 2007; Mavili et al., 2007; Drstvensek et al., 2008; Díaz y Lafont, 2012).

En este sentido, es evidente que el trabajo conjunto entre facultativos de diferentes especialidades médicas e ingenieros industriales, permitirán una



Figura 1. Digitalización de una pieza ósea con el escáner modelo FaroArm Scan Platinum.

productiva generación de modelos anatómicos de gran utilidad práctica en diversos campos de la medicina.

En este trabajo presentamos ejemplos desarrollados por ingenieros industriales de la Escuela Técnica Superior de la Universidad Complutense de Madrid, junto con especialistas en anatomía humana, de la Facultad de Medicina de la Universidad de Salamanca.

Se han llevado a cabo la generación de piezas anatómicas óseas mediante la tecnología de fabricación aditiva.

Nuestro objetivo con este material es poder reproducir huesos que en muchas ocasiones están muy deteriorados, lo que dificulta su estudio adecuado, por carecer de algunos relieves o accidentes que presentan estas estructuras anatómicas (apófisis, espinas, protuberancias, forámenes, fosas, etc.). En este trabajo describiremos todo el procedimiento tecnológico llevado a cabo para su desarrollo, así como la opinión y valoración de los alumnos en el manejo de estas piezas óseas.

## Material y métodos

Para proceder a la construcción de nuestro material óseo, se realizó en primer lugar la digitalización de forma precisa de la pieza ósea craneal, mediante un láser escáner de brazo, modelo FaroArm Scan Platinum como el que se observa en la figura 1. Con ello, obtuvimos una nube de puntos de gran precisión y fiabilidad del modelo craneal. Dichas nubes de puntos posteriormente se convirtieron a un formato de malla (*mesh* en inglés) mediante *software* específico de



digitalización. Después del proceso de reparación y suavizado de las mallas se obtuvo el modelo final para su posterior impresión en tres dimensiones.

Este escáner permite capturar nubes de puntos con un gran rendimiento de adquisición de puntos, una alta resolución y una precisión de + 35 µm. Debido a la dificultad de acceso a todas las superficies del material óseo y su complejidad geométrica, se requirió de la preparación de utillaje específico de amarre para la obtención de múltiples nubes de puntos en diferentes posiciones para su posterior alineamiento y procesado. La nube de puntos resultante de nuestro modelo estuvo compuesta por millones de puntos, referenciados en un sistema de coordenadas local que representaron con exactitud geométrica y dimensional la estructura anatómica ósea que modelar. Esta nube de puntos contenía toda la información métrica necesaria del modelo óseo digitalizado, que sirvió para el procesamiento posterior con el *software* Geomagic Design X (figura 2). De esta forma, el proceso de mallado por triangulación de puntos de escaneo nos permitió pasar de un modelo 3D formado únicamente por puntos a un modelo de malla constituido por pequeños planos poligonales.

El procesado de malla requirió de diferentes pasos para llevarlo a cabo, entre los que se destacan: la eliminación de ruido superficial, la corrección de errores de solapamiento, el cierre de agujeros, el suavizado de caras y la optimización de la malla para fabricación aditiva. Una vez concluido este procedimiento, se procedió a la generación del modelo en formato .stl (STereo Lithography).

El *software* Geomagic Design X soporta la importación de más de 60 formatos y permite combinar datos de diseño asistido por ordenador (CAD) con datos procesados de escaneos 3D, para poder crear así modelos sólidos y editables, como son las estructuras óseas desarrolladas. Design X está construido sobre un Kernel CAD (Parasolid) que le da la flexibilidad para hacer modelos CAD reales de la manera deseada.

A partir del modelo obtenido se procedió a la fabricación aditiva (*additive manufacturing*) mediante la sucesiva superposición de capas micrométricas de un material polimérico. Empleamos el *software* Cura (de la casa

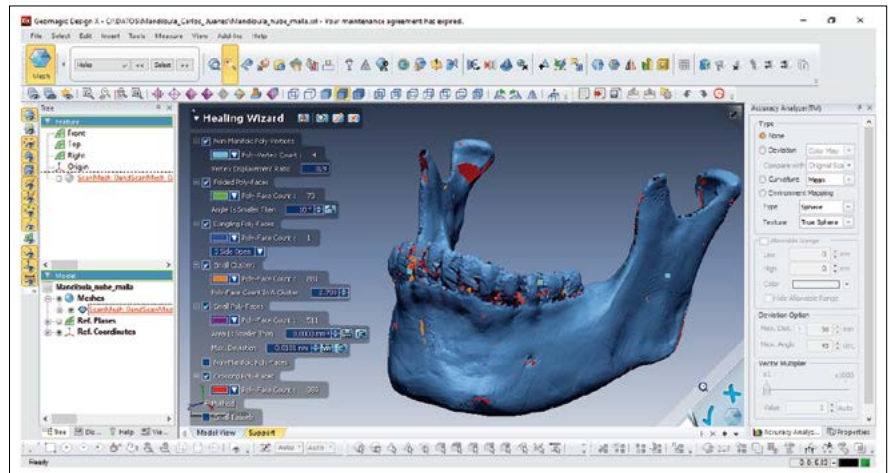


Figura 2. Proceso de reparación de errores y malla final con el *software* Geomagic Design X.

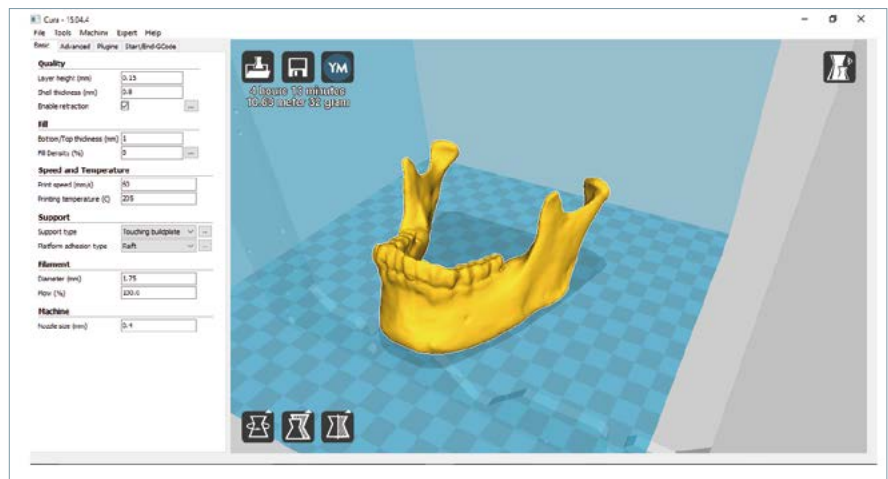


Figura 3. Previsualización de la impresión en el *software* Cura, de Ultimaker.

comercial Ultimaker), (figura 3), que nos permitió dividir en capas el modelo tridimensional, según un perfil de configuración optimizado. El proceso de laminado transfiere un diseño digital en 3D en formato STL (STereo Lithography) creándose unas capas delgadas en un plano de dos dimensiones que la impresora leerá. Tras apilar estas capas se crea el objeto. Este proceso se realizó mediante cálculos matemáticos por el *software* de generación de G-Code. Este código se genera de forma automática y podemos introducir modificaciones. Calculadas las trayectorias y generados los comandos, se transmite a la impresora y se inicia la creación las piezas anatómicas óseas.

El material utilizado fue PLA (ácido poliláctico) y la velocidad de impresión de 40 mm por segundo. Este material plástico termoestable, empleado en

la impresión 3D, una vez que sufre el proceso de calentamiento-fusión, solidifica por láminas y da lugar al modelo final con la dureza y resistencia requeridas. La máquina empleada en la fabricación fue una impresora 3D compacta marca Colido y modelo X3045 (figura 4).

### Resultados

En la formación de cualquier titulación de las ciencias de la salud (medicina, odontología, fisioterapia, enfermería, terapia ocupacional, podología, etc.), una de las disciplinas que más relevancia tiene en los primeros cursos de estas titulaciones es sin duda la asignatura de Anatomía Humana. Esta materia requiere de la utilización de material humano para las clases prácticas; sin embargo, es muy frecuente que este material sea escaso y esté deteriorado, por lo que muchos detalles morfoló-



Figura 4. Impresora modelo Colido X3045 utilizada para la fabricación aditiva de las piezas craneales.



Figura 5. Imágenes de cráneos muy deteriorados que no permiten un estudio anatómico detallado.



Figura 6. Imágenes de un cráneo fabricado con impresión 3D comparado con un cráneo deteriorado.

gicos de estructuras corporales no se visualizan correctamente. El ejemplo más representativo de este material lo constituyen los huesos del cráneo. Estos, en muchas ocasiones, están rotos y carentes de detalles óseos relevantes, como se aprecia en la figura 5. En este sentido la impresión tridimensional de estos huesos facilita y complementa la labor docente. Como se observa en la figura 6, la impresión 3D del cráneo mejoró considerablemente la visualización de todos los detalles óseos (apófisis, protuberancias, etc., entre otros muchos detalles o relieves óseos).

El modelo anatómico impreso en 3D fue analizado en toda su morfolo-

gía por un grupo de anatomistas con el objetivo de valorar su eficacia para la docencia.

De esta forma hemos conseguido obtener un modelo craneal, a escala real, con todos los detalles anatómicos que en los huesos reales en ocasiones se desdibujan debido a su mal estado o deterioro con el paso del tiempo.

#### Discusión

Las diversas técnicas que se desarrollan desde la ingeniería industrial, como ayuda en los diferentes aspectos de la medicina, están consiguiendo excelentes resultados en la confección de dispositivos y procedimientos que

mejoran la práctica clínica. Un claro ejemplo de la aportación que la ingeniería industrial hace a la medicina es la generación de prótesis, ortesis y dispositivos de terapia ocupacional (Potamianos et al., 1998; Hurson et al., 2007). En el campo de la cirugía, la ingeniería industrial también está teniendo un papel importante en la creación de instrumentos para cirugías mínimamente invasivas, implantes artificiales, microcámaras, robots, etc. (Wagner et al., 2004; Suzuki et al., 2004; Zhao et al., 2012).

Las aplicaciones de la impresión 3D en el campo de la medicina están cada día en aumento, abriéndose nue-

vas líneas de investigación (Waran et al., 2012). No cabe duda de que en un futuro la verdadera revolución de la impresión 3D será la rapidez con la que esta tecnología se transformará en algo usual e incluso esencial en la vida cotidiana. Por tanto, una de las aplicaciones más relevantes en el futuro será en la medicina reconstructiva o en la ortopedia, ya que con las bioimpresoras tridimensionales los cirujanos tendrán a su disposición implantes y hasta órganos humanos personalizados. En este sentido, la progresión de estas técnicas de ingeniería industrial aplicadas en medicina traerá la posibilidad de crear órganos adaptados a cada caso concreto y colocarlos por un procedimiento análogo al de las técnicas de implantología dentaria. Desde la aparición de las primeras prótesis utilizadas, va a haber un antes y un después con la utilización de la impresión en 3D. No solo permite que los materiales sean más ligeros, sino que, además, la prótesis se crea con el tamaño y la forma que el paciente necesita exactamente, lográndose así una mejor adaptación a su uso. En este sentido, recientemente se empiezan a ver muchos proyectos de investigación basados en la creación de partes artificiales del cuerpo humano con el objetivo de reemplazar órganos dañados por accidentes o por alguna enfermedad grave.

La utilización de materiales termoplásticos permite generar modelos anatómicos por inyección, que proporcionan una enorme flexibilidad en la ejecución geométrica de las piezas óseas moldeadas. Esto supone un buen campo para la aplicación en la práctica de la docencia de la anatomía humana, así como la posibilidad de construir otras estructuras como prótesis que permitan sustituir, en un futuro, las tradicionales prótesis que se emplean para poder ser fabricadas de manera más personalizadas.

Los avances en impresión de tejidos van encaminados a poder disponer en un futuro cercano de órganos que se puedan implantar y que sean compatibles en los pacientes que necesiten un trasplante urgente (Huixia et al., 2010; Derby, 2012). La impresora Bioprinter, desarrollada por la compañía estadounidense *Organovo*, en colaboración con la australiana *Invetech*, permitirá reproducir tejidos y órganos gracias a

la multiplicación de sus células en impresoras 3D. Tension es otra empresa que recientemente ha presentado otro modelo de impresora 3D de *órganos*.

Nuestros resultados han sido posibles gracias al esfuerzo conjunto que venimos desarrollando nuestra red de trabajo, en materia de investigación, diseño y desarrollo en favor de promover la incorporación de innovaciones a la producción industrial y la generación de aplicaciones no convencionales de las tecnologías de manufactura digital. En un futuro no muy lejano, la manufactura aditiva no dejará indiferente a ningún sector, porque implicará una nueva revolución industrial y tecnológica semejante a cuando apareció en nuestras vidas Internet, que ha cambiado nuestra forma de comunicarnos y de trabajar de una manera global. Por ello, la colaboración conjunta entre profesionales de la ingeniería industrial y de la medicina está contribuyendo al desarrollo de procedimientos útiles tanto para la formación médica como para la práctica clínico-quirúrgica, mejorando, así, la docencia, la salud y calidad de vida de las personas. Por ello, es destacable e importante fomentar que se lleven a cabo investigaciones conjuntas entre estos profesionales que lleven a una mejora en diversos procedimientos en el área de la salud.

### Conclusiones

Las tecnologías de impresión 3D están experimentando un gran crecimiento y están ganando importancia en el campo biomédico.

El diseño en tres dimensiones de estructuras anatómicas corporales humanas puede ayudar a los alumnos a una mejor comprensión de los detalles morfológicos de las piezas anatómicas y son, además, un recurso duradero.

Aún queda mucho camino por recorrer en lo referente a esta tecnología de impresión 3D, pero son evidentes las grandes posibilidades que la impresión 3D ofrece al ámbito de la medicina. El avance de la ciencia y la propia técnica de impresión 3D descubrirán un futuro hasta ahora inimaginable. En un futuro no muy lejano, posiblemente, estas impresoras 3D superarán, con una gran diferencia los problemas que hoy día su pueda plantear su uso; y, sin duda, esta revolucionaria tecnología evolu-

cionará considerablemente en el campo de la medicina.

### Bibliografía

- Anderson C. (2010). The new industrial revolution. *Wired magazine* 18, 2.
- Bagaria V, Deshpande S, Rasalkar DD, Kuthe A, Paunipagar BK (2011). Use of rapid prototyping and three-dimensional reconstruction modeling in the management of complex fractures. *Eur J Radiol.* 80(3), 814-820.
- Dardon U, Siquiera de Souza R, Terezinha C, Abranches S, Paglarelli L. (2010). Modelagem 3D e suas aplicações na pesquisa paleontológica. *Gaea.* 6(2): 76-89.
- Derby B. (2012). Printing and Prototyping of Tissues and Scaffolds. *Science.* 338(6109):921-926.
- Diaz A, Lafont P. (2012). Rapid Prototyping for Biomedical Engineering: Current Capabilities and Challenges *Annu. Rev. Biomed. Eng.* 14:3-96.
- Drstvensek I, Ihan N, Strojnik T, Brajljh T, Valentan B, Pogacar V. (2008). Applications of Rapid Prototyping in Cranio-Maxillofacial Surgery Procedures. *Int J Biol Biomed Eng.* 1(2):29-38.
- Hieu LC, Bohez E, Vander Sloten J, Phien HN, Vatcharaporn E, Binh PH, Oris P. (2003). Design for medical rapid prototyping of cranioplasty implants. *Rapid Prototyping Journal.* 9(3), 175-186.
- Huixia H, Junkai C, Dongsheng W, Bing G, Hong G, Hongchen L. (2010). Gene-Modified Stem Cells Combined with Rapid Prototyping Techniques: A Novel Strategy for Periodontal Regeneration. *Stem Cell Rev and Rep.* 6:137-41.
- Hurson C, Tansey A, O'donnchadha B, Nicholson P, Rice J, McElwain J. (2007). Rapid prototyping in the assessment, classification and preoperative planning of acetabular fractures. *Injury.* 38(10), 1158-1162.
- Mavili ME., Canter HI, Saglam-Aydinatay B, Kamaci S, Kocadereli I. (2007). Use of three-dimensional medical modeling methods for precise planning of orthognathic surgery. *J Craniof Surg.* 18(4), 740-747.
- McGurk M, Amis AA, Potamianos P, Goodger NM. (1997). Rapid prototyping techniques for anatomical modelling in medicine. *Ann R Coll Surg Engl.* 79:169-74.
- Potamianos P, Amis AA, Forester AJ, McGurk M, Bircher M. (1998). Rapid prototyping for orthopaedic surgery. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: J Eng Med.* 212(5), 383-393.
- Suzuki M, Ogawa Y, Kawano A, Hagiwara A, Yamaguchi H, Ono H. (2004). Rapid prototyping of temporal bone for surgical training and medical education. *Acta oto-laryngologica.* 124(4), 400-402.
- Wagner J D, Baack B, Brown GA, Kelly J (2004). Rapid 3-dimensional prototyping for surgical repair of maxillofacial fractures: a technical note. *J Oral Maxil Surg.* 62(7), 898-901.
- Waran V, Devaraj P, Chandran T H, Muthusamy KA, Rathinam AK, Balakrishnan Y K, Rahman ZA (2012). Three-dimensional anatomical accuracy of cranial models created by rapid prototyping techniques validated using a neuronavigation station. *J Clin Neurosc.* 19(4), 574-577.
- Yih-Lin Ch, Yi-Tsung L, Kan-Shan S. (2012). Rapid Prototyping Mandible Model for Dental Implant Surgery Simulation. *Computer-Aided Design & Applications.* 9(2):177-85.
- Zhao L, Patel P K, Cohen M. (2012). Application of virtual surgical planning with computer assisted design and manufacturing technology to cranio-maxillofacial surgery. *Arch Plastic Surg.* 39(4), 309-316.



# COGITI

Formación

e-learning



## ➤ *Campus Virtual: Oferta formativa - Selección de cursos*

PLC programación lineal y estructurada (STEP7 Siemens)  
Diseño de circuitos impresos (PCBs)  
Iniciación a la peritación de riesgos diversos  
Dimensionamiento de unidades de depuración de aguas  
Diseño e inspección de líneas eléctricas de Alta Tensión según Reglamento 223/2008  
Automatismos eléctricos industriales. Elementos y simulación práctica  
Diseño avanzado de instalaciones eléctricas de Baja Tensión  
Curso de diseño, mantenimiento y verificación de líneas A.T y C.T.  
Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios. RD 1027/2007  
Diseño e inspección de instalaciones eléctricas de Alta Tensión según Reg. 337/2014  
Proceso y gestión del edificio virtual aplicando el BIM de Archicad  
Proyectos de reforma y completado de vehículos  
Especialización de Ingenieros en el sector de la automoción  
Preparación de las Certificaciones PMP y CAPM para técnicos  
Dictámenes periciales en edificación  
Licencias ambientales  
Coordinador de seguridad y salud en obras de construcción  
Autómatas programables PLC en aplicaciones de automatización industrial  
Experto en gestión y negociación contratos de energía  
Mantenimiento, inspección, OCA, instalación eléctrica quirófanos  
Patologías en la edificación para la redacción de informes para ITE e IEE  
Experto en fiscalidad e impuestos para el ingeniero  
Diseño y gestión de proyectos mediante sistema BIM (Building Information Modeling)  
Proyectos infraestructuras de recarga combustibles alternativos para vehículos  
Cumplimiento de la normativa de seguridad industrial  
Fabricación aditiva (impresión 3D)

*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](http://www.cogitiformacion.es)



# A Simple Treatment for the Irreversible Optimization of the Electrical Conductivity of Poly(3,4-ethylenedioxythiophene)

*Tratamiento simple para la optimización irreversible de la conductividad eléctrica de poli(3,4-etilendioxitiofeno)*

Margarita Sánchez-Jiménez<sup>1\*</sup>, Rafael S. Peres<sup>2,3\*</sup>, Francisco Casellas<sup>4</sup>, Carlos A. Ferreira<sup>3</sup>, Lourdes Franco<sup>2</sup>, Jordi Puiggalí<sup>2,5</sup>, Francesc Estrany<sup>1,5</sup> and Carlos Alemán<sup>2,5</sup>

## Abstract

Compact and porous films of poly(3,4-ethylenedioxythiophene) (PEDOT), which were prepared in aqueous and acetonitrile solutions, have been submitted to a simple thermal treatment that provokes irreversible changes in the structure and electrical conductivity. This consists of a heating-cooling cycle in which the temperature is moderately increased from 25 °C to 70 °C at a slow rate (1 °C/min) and subsequently cooled to room temperature at an even slower rate (0.5 °C/min). As a consequence, the electrical conductivity of the films prepared in water and acetonitrile irreversibly increases 864% (x8.6) and 80% (x1.8), respectively. Structural studies show that the proposed treatment provokes local re-organizations of the polymer chains and clusters, depending on the compactness of the prepared samples. In the case of films prepared in water, which are the most compact, structural re-organizations of the already formed clusters give place to the formation of large aggregates that are clearly observed on the surface. In this percolative mechanism, the interconnections among neighbouring conductive clusters embedded in such aggregates are improved leading to increased conductivity. In contrast, the improvement in the conductivity of films prepared in acetonitrile is due to the enhanced crystallinity that results from the re-arrangement of polymer molecules.

## Keywords

PEDOT, conducting polymer, heat treatment, restructuring, percolation.

## Resumen

La aplicación de un tratamiento térmico a películas compactas y porosas de poli(3,4-etilendioxitiofeno) (PEDOT), preparadas en soluciones acuosas y de acetonitrilo, provoca cambios irreversibles en la estructura y la conductividad eléctrica. Este tratamiento consiste en un ciclo de calentamiento-enfriamiento en el que se aumenta la temperatura de 25 °C a 70 °C lentamente (1 °C/min) y, posteriormente, se enfría a temperatura ambiente a un ritmo incluso más lento (0,5 °C/min). Como resultado, la conductividad eléctrica de las películas preparadas en agua y acetonitrilo aumenta de forma irreversible el 864% (8,6 veces) y el 80% (1,8 veces), respectivamente. Los estudios estructurales muestran que este tratamiento provoca reorganizaciones locales de las cadenas y agrupamientos de polímero, en función de la compactación de las muestras preparadas. En el caso de las películas preparadas en agua, que son las más compactas, las reorganizaciones estructurales de los grupos ya formados dan lugar a la formación de grandes agregados que se observan con claridad en la superficie. En este mecanismo de percolación, las interconexiones entre los grupos conductores vecinos embebidas en dichos agregados dan como resultado un aumento de la conductividad. Por el contrario, la mejora en la conductividad de las películas preparadas en acetonitrilo se debe a las mejoras en el grado de cristalización resultantes de la reorganización de las moléculas del polímero.

## Palabras clave

PEDOT, polímero conductor, tratamiento térmico, reestructuración, percolación.

Recibido / Received: 2.11.2016. Aceptado / Accepted: 31.01.2017

<sup>1</sup>Departament d'Enginyeria Química, Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya, Comte d'Urgell 187, 08036 Barcelona, Spain. <sup>2</sup>Departament d'Enginyeria Química, E. T. S. d'Enginyers Industrials, Universitat Politècnica de Catalunya, Diagonal 647, 08028, Barcelona, Spain. <sup>3</sup>Departamento de Engenharia de Materiais, PPGEM, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500, Sector 4, Prédio 74- 91501-970, Porto Alegre (RS), Brazil. <sup>4</sup>Departament d'Enginyeria Electrònica, Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya, Comte d'Urgell 187, 08036 Barcelona, Spain. <sup>5</sup>Center for Research in Nano-Engineering, Universitat Politècnica de Catalunya, Campus Sud, Edifici C; C/Pasqual i Vila s/n, Barcelona E-08028, Spain. \*These authors contributed equally to this work. Autor para correspondència / Corresponding author: francesc.estrany@upc.edu; carlos.aleman@upc.edu

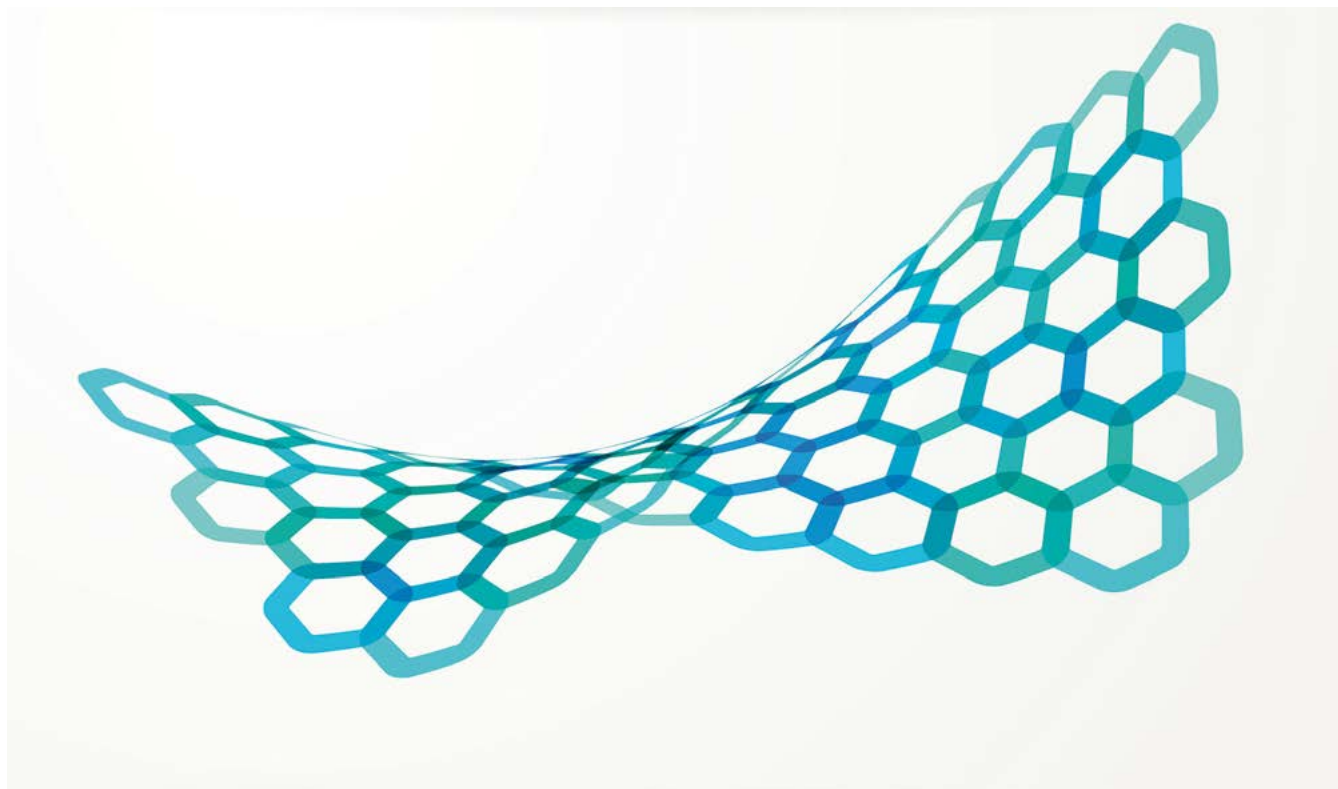
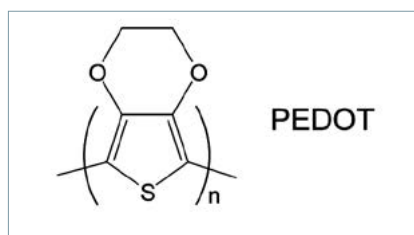


Foto: Shutterstock

## Introduction

Polythiophene derivatives have been settled among the most promising CPs for optoelectronic devices (Nielsen *et al* 2013, Kim *et al* 2006). In particular, the excellent performance of poly(3-hexylthiophene) and, specially, poly(3,4-ethylenedioxythiophene) (PEDOT) for optoelectronics have been recently reported (Jang *et al* 2009, Jang *et al* 2010, Dayal *et al* 2010, Tada 2013, Nardes *et al* 2012). PEDOT (Scheme 1), which exhibits low band gap (1.6-1.7 eV), high conductivity and good environmental stability (Groenendaal *et al* 2000, Kirchmeyer 2005, and Pettersson *et al* 1999), has been employed to fabricate electrochromic devices (Kumar A *et al*, 1998), fuel cells (Winther-Jensen *et al*, 2008) field emitters (Joo *et al*, 2005), dye-sensitized solar cells (DSSCs) (Koh *et al*, 2011) and organic batteries (Xuan *et al*, 2012 and Aradilla *et al*, 2014).

The optoelectronic properties of conjugated polymers as electrodes are known to be related with the morphological properties of the active material (Hoppe 2006, Schwartz 2003 and Nardes *et al*, 2008). Temperature dependent conductivity measurements are the most simple and direct way to evaluate



Scheme 1

the charge transport mechanism of CPs. Within this context, Nardes *et al* (2008) correlated the enhanced conductivity and morphological changes experienced by PEDOT doped with poly(4-styrenesulfonate) (PEDOT:PSS) that is obtained by addition of high-boiling solvents, such as sorbitol, to the aqueous dispersion used for film deposition. Results showed that PEDOT-rich 3D clusters of untreated films transform into elongated domains (*i.e.* 1D aggregates) in sorbitol-treated films, which was consistent with a change in the charge transport mechanism from 3D variable range hopping to quasi-1D variable range hopping. After the work of Nardes *et al* (2008), the variation of the conductivity with the temperature of PEDOT has been studied by different authors (Culebras

*et al*, 2014; Wu *et al*, 2013; Wilson 2013, and Bubnova *et al*, 2011). On the other hand, different physical treatments have proposed in the last years to enhance the conductivity and the thermoelectric performance of PEDOT (Luo *et al*, 2013; Anatasov *et al*, 2014; Xia 2010, and Castagnola *et al*, 2014). For example, Luo *et al* (2013) enhanced the thermoelectric properties of PEDOT:PSS through post-treatments based on the addition of polar solvents or mixtures of polar solvents and ionic liquids, whereas Xia (2010) reported a similar strategy based on the addition of organic and inorganic acids. More recently, Atanasov *et al* (2014) reported that the growth temperature strongly affects the crystalline structure and electronic conductivity of PEDOT, films deposited at 150 °C exhibiting conductivities above 1,000 S/cm. Castagnola *et al* (2014) reported that the electrochemical polymerization route affects the conductivity and morphology of PEDOT:PSS. In a very recent study Lee *et al* (2014) evidenced that sequential doping and dedoping increases the conductivity and thermoelectric behaviour of PEDOT:PSS, even though no correlation with morphological changes was provided.

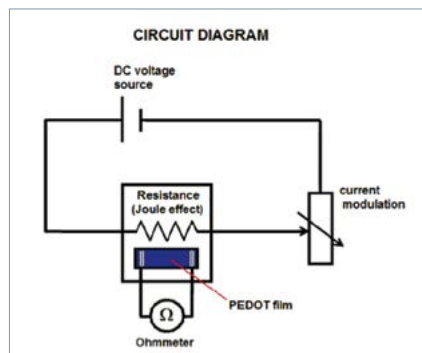


Figure 1. Schematic circuit used for heating-cooling treatment and electrical measurements.

In this work we propose a heating-cooling treatment to enhance the electrical performance of PEDOT doped with  $\text{ClO}_4^-$ . Furthermore, the influence of the polymerization medium has been also examined by considering films prepared in two different environments, organic (*i.e.* acetonitrile), and aqueous solutions. The study has been accompanied by morphological, topographical and structural analyses to explain the phenomena that promote the conductivity enhancement. In addition to its simplicity, the main advantages of the proposed treatment consist of both the stability of the achieved conductivity (*i.e.* changes are irreversible) and its effectivity upon very moderate increments of temperature.

## Methods

**Materials.** 3,4-ethylenedioxythiophene (EDOT) and acetonitrile were purchased from Aldrich and used as received. Anhydrous  $\text{LiClO}_4$ , analytical from Aldrich, analytical reagent grade, was stored in an oven at 80 °C before use in the electrochemical trials.

**Preparation of PEDOT films.** All systems studied in this work were obtained using a PGSTAT101 AUTO-LAB potentiostat-galvanostat connected to a PC computer controlled through the NOVA 1.6 software, using a three-electrode one-compartment cell under nitrogen atmosphere at 25 °C.

According to our previous studies, (Ocampo *et al.*, 2006; Estrany *et al.*, 2011, and Aradilla *et al.*, 2012) PEDOT films in organic and aqueous environments were prepared by chronoamperometry (CA) under a constant potential of 1.40 and 1.10 V, respectively. The synthesis was carried out

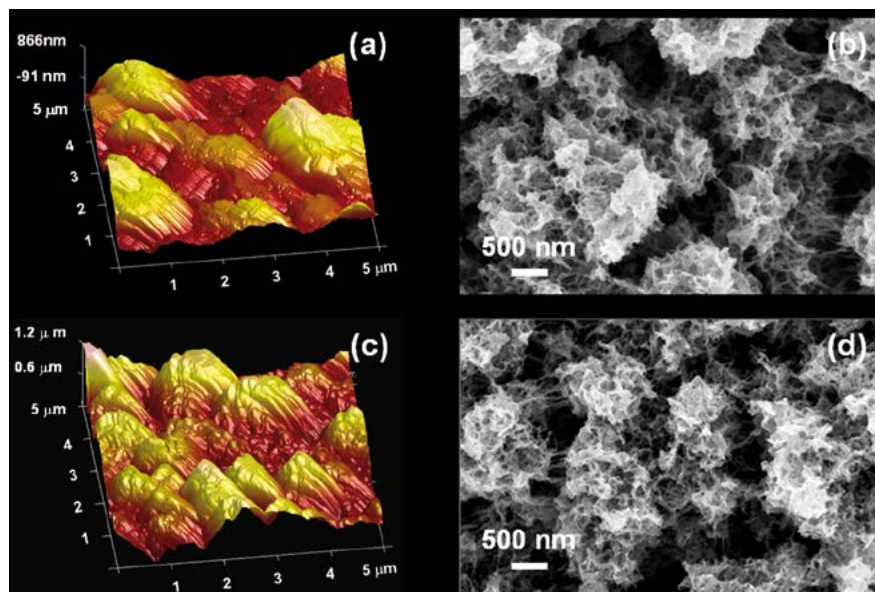


Figure 2. 3D AFM and SEM micrographs for PEDOT prepared in acetonitrile: (a,b) pristine samples; and (c,d) samples subjected to heating-cooling treatment.

using a three-electrode one-compartment cell under nitrogen atmosphere (99.995% in purity) at 25 °C. The cell was filled with 50 mL of a 10 mM monomer solution in acetonitrile or distilled water containing 0.1 M  $\text{LiClO}_4$  as supporting electrolyte. Steel AISI 316 sheets of 4 cm<sup>2</sup> area were employed as working and counter electrodes. The reference electrode was an Ag|AgCl electrode containing a KCl saturated aqueous solution ( $E^0 = 0.222$  V vs. standard hydrogen electrode at 25 °C), which was connected to the working compartment through a salt bridge containing the electrolyte solution.

**Conductivity measurements.** The electrical resistance of PEDOT was measured by connecting two wires to an ohmmeter, with their ends being pressed onto two lines of silver that defined the current path in the film (Figure 1). The film receives the heat dissipated by Joule effect resistance and modulates the intensity of the current flowing through it, which comes from a DC voltage source. As a result, the temperature of the film is controlled enabling gradual and continuous heating and cooling processes. In this work the heating rate was 1 °C/min while cooling rate was 0.5 °C/min. The measured resistance was used to determine the conductivity of the film:

$$\sigma = \frac{1}{R} \frac{L}{\ell} \quad (1)$$

where  $R$  is the electrical resistance,  $L$  is the current path between the marks of silver, and  $\ell$  is the thickness of the film.

**Thickness.** Thickness of the films was determined by determining the current productivity through the mass-charge ratio and, subsequently, the mass of polymer deposited in the electrode. This procedure was detailed in a previous work (Estrany *et al.*, 2007).

**Atomic force microscopy (AFM).** Topographic AFM images were obtained with a Molecular Imaging PicoSPM using a NanoScope IV controller under environmental conditions. The tapping mode AFM was operated at constant deflection. The row scanning frequency was set to 1 Hz. AFM measurements were performed on various parts of the films, which produced reproducible images similar to those displayed in this work. The scan window sizes used in this work were  $5 \times 5 \mu\text{m}^2$ . The root mean square roughness ( $R_q$ ), which is the average height deviation taken from the mean data plane, the average roughness ( $R_a$ ), which is the arithmetic average of the absolute values of the collected roughness data point, and the maximum roughness height ( $R_{\text{max}}$ ), which is the maximum peak to lowest valley vertical distance within a single sample length, were determined using the statistical application of the NanoScope Analysis software.

	$\ell$ ( $\mu\text{m}$ )	Rq (nm)	Ra (nm)	Rmax (nm)	$\sigma$ (S/cm)
Before thermal treatment					
Acetonitrile	4.52 $\pm$ 0.2	296 $\pm$ 14	241 $\pm$ 12	1581 $\pm$ 96	109 $\pm$ 8
Water	2.01 $\pm$ 0.1	163 $\pm$ 11	128 $\pm$ 11	1007 $\pm$ 68	1.1 $\pm$ 0.5
After heating-cooling cycle					
Acetonitrile	-	205 $\pm$ 9	168 $\pm$ 8	1336 $\pm$ 47	196 $\pm$ 6
Water	-	240 $\pm$ 6	202 $\pm$ 10	1366 $\pm$ 28	9.5 $\pm$ 1.3

Table 1. Thickness ( $\ell$ ), root mean square roughness (Rq), average roughness (Ra), maximum roughness (Rmax) and electrical conductivity ( $\sigma$ ) of PEDOT prepared in acetonitrile and aqueous solutions before and after the thermal treatment.

**Scanning electron microscopy (SEM).** SEM studies were performed to examine the surface morphology of PEDOT before and after thermal treatment. Dried samples were placed in a Focussed Ion Beam Zeis Neon 40 scanning electron microscope operating at 3 kV, equipped with an EDX spectroscopy system.

**X-ray diffraction (XRD).** XRD spectra were recorded using a Bruker D8 Advance model to 40 kV and 40 mA ( $\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$ ). The XRD patterns were taken at ambient laboratory temperature using 10 s/angular step (1 angular step = 0.02°).

**Thermal analysis.** Calorimetric data were obtained with a TA Instruments Q100 series equipped with a refrigerated cooling system (RCS) operating at temperatures from -90 °C to 550 °C. Experiments were conducted under a flow of dry nitrogen with a sample weight of approximately 2 mg, calibration being performed with indium.

## Results and discussion

### Characterization of the films before thermal treatment

Thickness of the PEDOT films prepared in acetonitrile and water, which was determined by electrochemical procedures, is  $\ell = 2.02$  and  $0.46 \mu\text{m}$ , respectively. Obviously, this difference is not only due to the solvent, but also to the different potentials used in the anodic polymeric process. On the other hand, the topography and morphology of the films were studied by AFM and SEM, respectively. Films prepared in acetonitrile show large and broad blocks of aggregated polymer chains emerging from relatively

flat and narrow regions (Figure 2a). The Rq and Ra values determined for such films are lower than 300 nm while Rmax reaches a value close to  $1.5 \mu\text{m}$  (Table 1). This topography is fully consistent with the main morphological features observed by SEM. Thus, the micrograph displayed in Figure 2b shows micrometric clusters formed through the aggregation of fiber-like thin sticks, which in turn results from the aggrupation of linear polymer molecules (*i.e.* PEDOT molecules are exclusively formed by  $\alpha$ - $\alpha$  linkages). However, the most important feature revealed by SEM is the notable porosity of these films. Furthermore, such porosity is highly heterogeneous since clusters are separated by relatively wide and tortuous pores of submicrometric dimensions while the sticks contained in each cluster are separated by very small nanometric pores.

The substitution of acetonitrile by water drastically affects the thickness of the film, which reduces more than a half (Table 1). The topography and morphology of films prepared in water are completely different from that of films prepared in the organic environment. As is reflected in the AFM and SEM images displayed in Figures 3a and 3b, respectively, the surface of PEDOT films obtained in an aqueous solution can be described as a homogeneous and compact distribution of small clusters. This provokes a significant reduction of the roughness, which decreases by about 45% with respect to films generated in acetonitrile (Table 1), and the porosity. Thus, both wide and narrow pores identified in the inter-cluster and inter-stick regions, respectively, of films prepared in acetonitrile

practically disappear for the films produced in aqueous solution.

In addition to the structural properties, the generation medium also affects the conductivity of PEDOT. In spite of the same dopant was used for the two electrochemical media, films produced in acetonitrile are two orders of magnitude higher than that of films obtained in an aqueous environment (Table 1). This observation is fully consistent with the structural features discussed above since charge movement becomes more difficult with increasing compactness.

### Thermal treatment of PEDOT films

Pristine PEDOT films were progressively heated from room temperature (25 °C) to 70 °C at a rate of 1 °C/min, the conductivity being registered at each step. After reaching the highest temperature, films were subsequently cooled at a rate of 0.5 °C/min. The conductivity was automatically registered at every step as indicated in the Methods section (Figure 1). As it was expected, conductivity increases with the temperature within the examined interval of temperatures, even though the two systems showed different behaviours (Figure 4). Films prepared in acetonitrile experienced a progressive and continuous increment of the temperature, reaching a value of 179 S/cm at 70 °C. In contrast, conductivity of the film prepared in water increased from 1.1 S/cm at 25 °C to 8 S/cm at 50 °C, stabilizing around such value until the final temperature was reached. The fact that the two films behave different is consistent with their different morphology and topography (see next subsection).



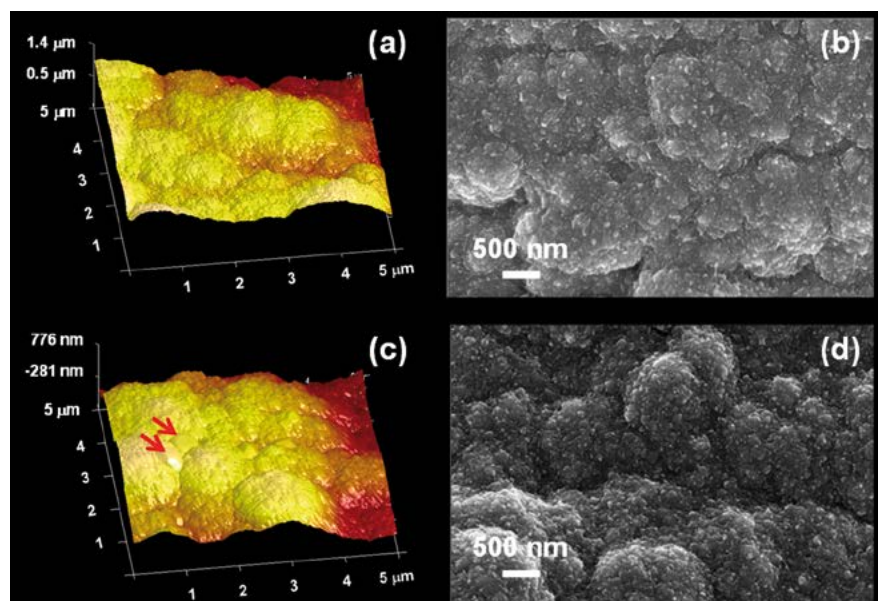


Figure 3. 3D AFM and SEM micrographs for PEDOT prepared in water: (a,b) pristine samples; and (c,d) samples subjected to heating-cooling treatment.

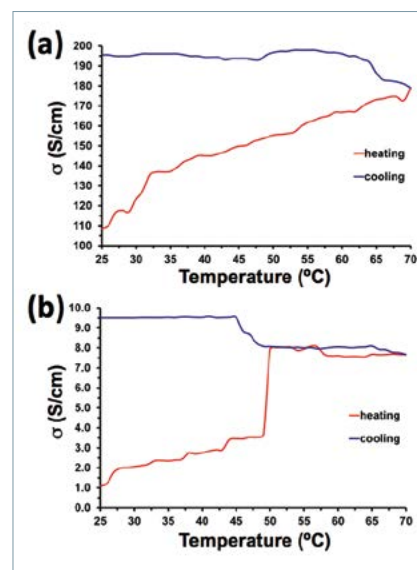


Figure 4. Variation of the conductivity ( $\sigma$ ) during the progressive and continuous heating ( $1^\circ\text{C}/\text{min}$ ) and subsequent cooling ( $0.5^\circ\text{C}/\text{min}$ ) of PEDOT films prepared in (a) acetonitrile and (b) water.

The most interesting results refer to the variation of the conductivity upon cooling from  $70^\circ\text{C}$  to  $25^\circ\text{C}$ . Figure 4 reflects that conductivity still increases a little bit with respect to the values reached at the end of the heating process. Accordingly, the enhanced electric behaviour is irreversible, which evidences that progressive and slow heating of PEDOT films is a very efficient treatment to improve the electric performance of PEDOT. Accordingly, electrical conductivity at  $25^\circ\text{C}$  measured for films prepared in acetonitrile and water after the heating-cooling process is 196 and 9.5 S/cm. This represents an increment of 80% and 864% for PEDOT films prepared in acetonitrile and water, respectively. It should also be mentioned that this effect is stable, the conductivities measured after the heating-cooling cycle being retained after several days. Graphics displayed in Figure 4 are fully reproducible, even though we found that thermal stress provokes mechanical breaking of films with thickness of  $\ell \leq 200$  nm. Therefore, the proposed thermal treatment is not applicable to films of nanometric thickness.

On the other hand, the drastic change observed at  $50^\circ\text{C}$  in the heating profile for the films prepared in water (Figure 4b) could also be due to a partial melting of PEDOT crystals. Indeed, an important discontinuity

is observed in the cooling profile at a slightly lower temperature, which suggests a recrystallization process. This feature is consistent with the crystallinity of PEDOT samples prepared in water, which has been found to considerably important (see below).

According to the variable range hopping (VRH) mechanism (Mott, 1969), charge transport is described as:

$$\sigma = \sigma_0 \exp\left(\frac{-T_0}{T}\right)^{\frac{1}{1+n}} \quad (2)$$

where  $\sigma_0$  and  $T_0$  are the pre-exponential and exponential factors, respectively, and  $n$  is the hopping space dimensionality. The value of the latter can be  $n = 1, 2$ , or  $3$ , which corresponds to a one-, two- and three-dimensional systems, respectively. Figure 5 indicates that during the heating process the charge transport in PEDOT films is dominated by the 3D VRH mechanism ( $n = 3$ ). Thus, there is a linear relation between the  $\ln \sigma$  against  $T^{-1/4}$ , corroborating that the conductivity is represented by:

$$\sigma = \sigma_0 \exp\left(\frac{-T_0}{T}\right)^{\frac{1}{4}} \quad (3)$$

In case the film is produced in water, the 3D VRH mechanism is con-

sistent up to  $T = 50^\circ\text{C}$  only, suggesting drastic structural changes after reach such temperature.

The 3D mechanism is completely lost in the cooling process for the two films, as it is evidenced by the poor regression coefficients displayed in Figure 5 (analyses of different fragments of the profile led to even poorer correlation coefficients). Moreover, detailed analyses indicated that the cooling profile, completed or the interval obtained for  $T < 50^\circ\text{C}$ , does not fit well to the 1D nor the 2D VRH equations (*i.e.*  $n = 1$  and  $n = 2$  in Eqn 2), regression coefficients lower than 0.6 being obtained in all cases (not shown). This suggests that the heating process provoked important structural changes and, as a consequence, the charge transfer change from 3D VRH to a mixture of mechanisms. Understanding of this phenomenon is provided in the structural analysis of the next sub-section.

#### Structural changes provoked by thermal treatment

Figures 2c and 2d show 3D AFM and SEM micrographs, respectively, recorded for PEDOT generated in acetonitrile after the heating-cooling cycle while Table 1 displays the effect of the thermal treatment in the roughness. Although surface morphologies before and after thermal treatment are apparently very similar, the surface

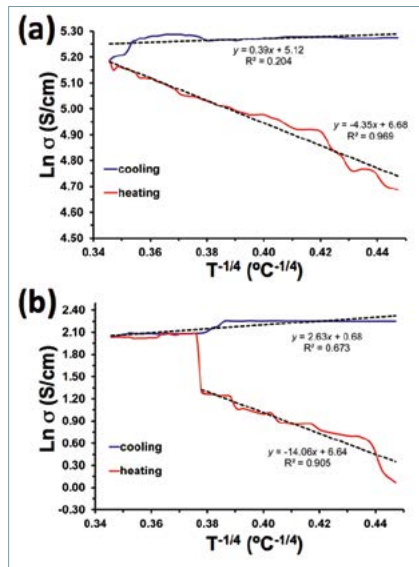


Figure 5. Temperature dependence of the conductivity for PEDOT prepared in (a) acetonitrile and (b) water during the heating and cooling processes. Dashed straight lines are fits to Equation (3).

porosity is lower for the treated film. Thus, large and tortuous inter-cluster pores remain but small inter-stick pores are significantly shorter suggesting local reorganizations of the sticks that lead to more compact structures. Topographic AFM images evidences that submicrometric aggregates observed before heating are smaller and more abundant after the thermal cycle. This provokes a reduction in the roughness of around 30%. 2D topography and phase AFM images did not provide any additional information (not shown). According to these observations, the increment of the conductivity provoked by the thermal treatment (*i.e.*  $\times 1.8$ ) must be ascribed to local redistributions of the polymer chains.

A completely different situation is detected for the PEDOT films prepared in water. Although SEM micrographs recorded for treated samples show a compact morphology like that obtained for the pristine film (Figure 3d), 3D AFM images evidence significant changes in the topography (Figure 3c). The most significant one corresponds to the apparition of agglomerates with polyhedral shape (marked with arrows in Figure 3c). Thus, these agglomerates show faces and edges embedded in small globular clusters similar to those already observed in the non-treated films. The apparition of these polyhedral aggregates provokes an increment

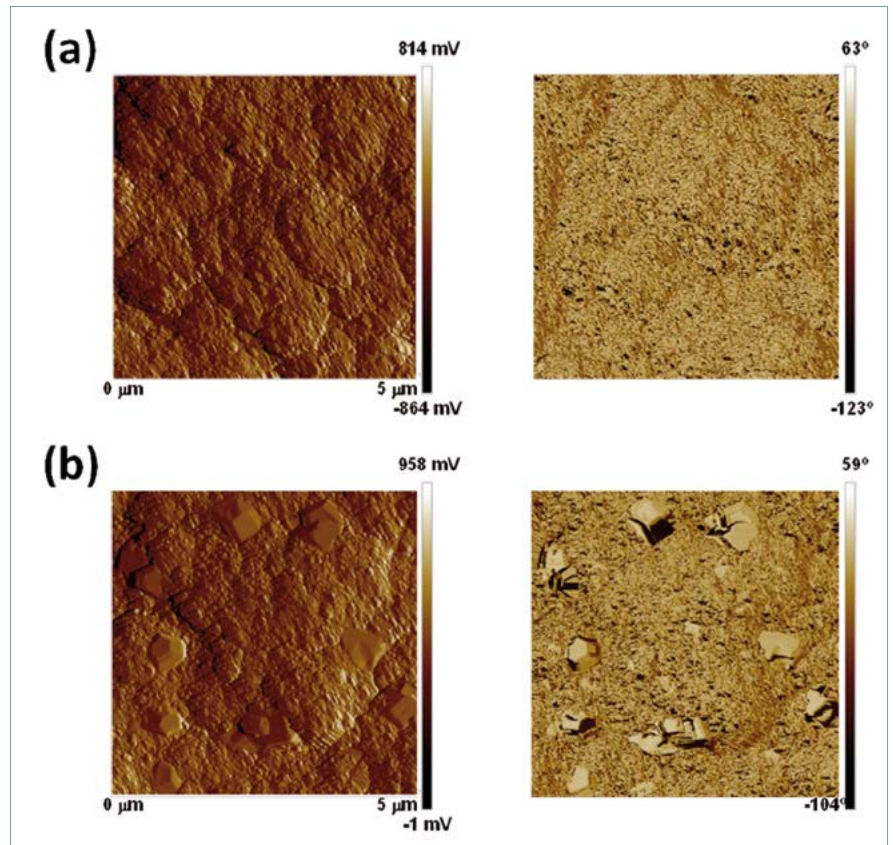


Figure 6. AFM micrographs PEDOT films generated in water (a) before and (b) after the heating-cooling cycle: 2D height (left) and phase (right) images.

in the roughness of around 20%, even though  $R_{\text{max}}$  remains practically at the same value. This can be interpreted in two different ways: (1) as a reorganization of polymer chains located at the deep valleys, which now emerge as regular clusters (*crystallization mechanism*); or (2) as a redistribution of the small clusters detected in pristine films to form bigger and well-defined agglomerates at the surface (*percolative mechanism*). It should be noted that the latter mechanism is also consistent with a redistribution of the crystals through partial melting of the crystals at 50  $^{\circ}\text{C}$  during the heating and subsequent recrystallization process at 48  $^{\circ}\text{C}$  during the cooling.

2D Height and phase AFM images of the films obtained in water before and after the treatment, which are compared in Figure 6, provide more information about the above mentioned features. As it can be seen, well-defined polyhedral aggregates, which are completely absent in the pristine films (Figure 6a, left), appear after thermal treatment (Figure 6b, left). Furthermore, the fact that the contrast in the

phase image after thermal treatment (Figure 6b, right) is the same that in the image before the heating-cooling cycle (Figure 6a, right) corroborates that polyhedral aggregates are made of PEDOT, allowing us to discard the possible crystallization of electrolyte salts at the surface.

As mentioned above, the overall of the results obtained in this work suggest that the applied thermal treatment provokes a local reorganization of the polymer chains to form more ordered domains or the local redistribution of polymer clusters to form compact agglomerates. The possible existence of the crystallization mechanism was ascertained by recording the XRD pattern of samples before and after the thermal treatment. Results for the samples prepared in acetonitrile, which are displayed in Figure 7a, show two weak peaks centred at  $2\theta = 6.8^{\circ}$  (broad) and  $29.6^{\circ}$  (sharp). The intensity of the peak at  $2\theta = 29.6^{\circ}$ , which was identified as the stacking distance (*i.e.*  $\sim 3.4 \text{ \AA}$ ) between polymer chains in crystalline doped PEDOT (Aasmundtveit, 1999), in-

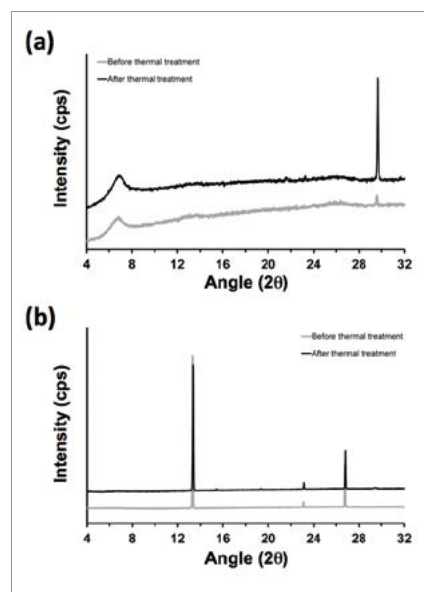


Figure 7. XRD patterns of PEDOT films generated in (a) acetonitrile and (b) water before and (b) after the heating-cooling cycle.

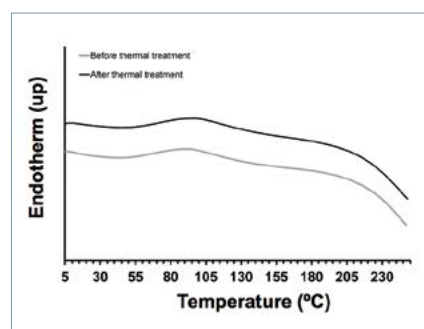


Figure 8. DSC curves of PEDOT generated in water before and after the heating-cooling cycle.

creases significantly after thermal treatment with respect to the intensity of the peak at  $2\theta = 6.8^\circ$ . This feature indicates that the thermal treatment promotes the crystallization of the polymer chains, which is fully consistent with the crystallization mechanism. According to this, the increase of temperature promoted the reorganization of the initial compact structures favouring the formation of some microcrystals in which random orientation of the chains tends to disappear. These stable microcrystals, which were detected by AFM at the surface of thermally treated films as ordered submicrometric aggregates, remained after completing the cooling process. As the thermal stress induced by the moderate temperature increment used in this work was not enough to achieve a complete re-or-

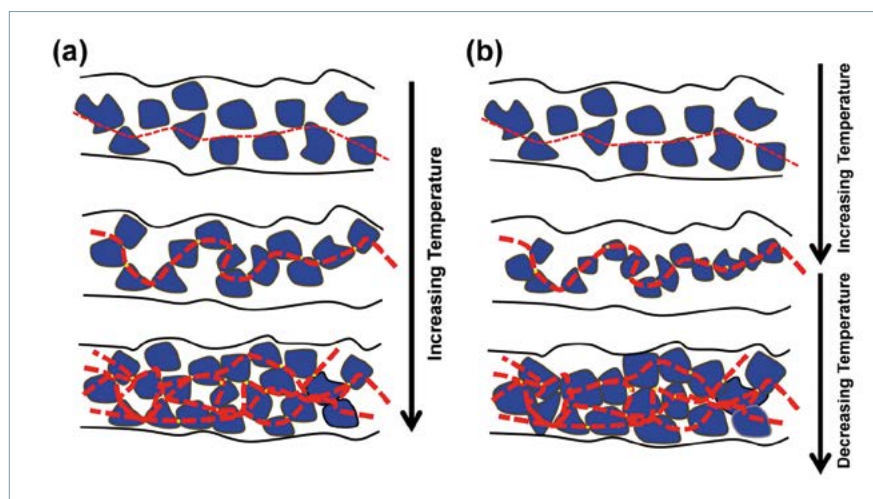


Figure 9. Schematic representation of the re-organized experienced by PEDOT clusters (blue particles) in films prepared in water. Two possible microscopic of the percolative mechanism (see text) are depicted in (a) and (b).

ganization of the polymer chains, regions with different degrees of organization would coexist in the film, explaining the mixture of VRH charge transport mechanisms detected during the cooling process (Figure 5).

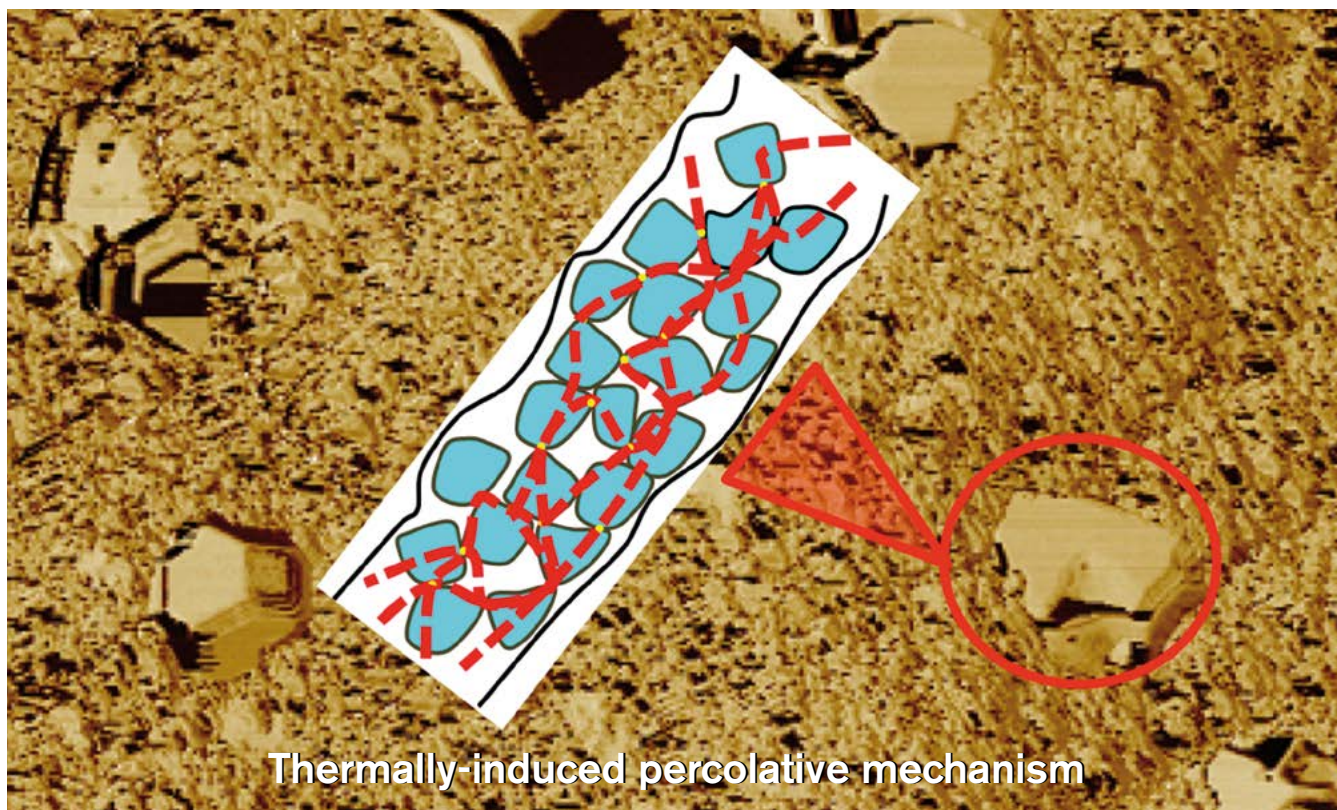
The behaviour of the XRD profiles obtained for samples prepared in water before and after thermal treatment (Figure 7b) is the opposite of that discussed above for PEDOT obtained in acetonitrile. Samples obtained in water present three sharp diffraction peaks at  $2\theta = 13.3^\circ$  (very intense),  $23.1^\circ$  (weak), and  $26.7^\circ$  (intense). As it can be seen, the relative intensity of the peaks does not undergo significant changes upon heating, indicating similar crystallinities for the two samples. This result is corroborated by DSC profiles displayed in Figure 8, which were registered for PEDOT samples before and after thermal treatment. As it can be seen, the two profiles show an endothermic process at  $\sim 85^\circ\text{C}$  with very similar enthalpies that has been attributed to the melting of the crystalline phase (Meng, 2003).

According to these features, the significant and irreversible increment of the electrical conductivity observed after the heating-cooling cycle has been attributed to the percolative mechanism, which can be microscopically interpreted in two different ways as is schematically illustrated in Figure 9. In the first interpretation (Figure 9a), as long as the temperature

increases slowly, the clusters formed during the preparation process stack forming compact and regular polyhedral aggregates. When this percolation threshold occurs, the number of interconnections and long-range connectivity improve, thus leading to enhanced electrical conductivity. In the second interpretation (Figure 9b), it is similar to the previous one but including a melting-recrystallization process. Thus, the formation of inter-connection upon heating is accompanied by the partial melting of the crystals, which occurs at  $50^\circ\text{C}$ . Subsequently, recrystallization occurs during cooling, increasing the size of these crystals and facilitating the connectivity.

## Conclusions

A simple but very efficient thermal treatment is proposed to improve irreversibly the electrical properties of PEDOT films prepared in organic and, especially, aqueous solution. This treatment consists of a heating-cooling cycle in which the temperature ( $1^\circ\text{C}/\text{min}$ ) is slowly increased from  $25^\circ\text{C}$  to only  $70^\circ\text{C}$  and, subsequently, cooled at room temperature very slowly ( $0.5^\circ\text{C}/\text{min}$ ). After this treatment, the electrical conductivity of films prepared in acetonitrile and aqueous environment increases by a factor of  $\times 1.8$  and  $\times 8.6$ , respectively. AFM, SEM, XRD and DSC studies show that the heating-cooling cycle provokes local structural



Graphical Abstract.

re-arrangements, which are more or less drastic depending on the porosity of the sample. In the case of films prepared in aqueous solution, the thermal treatment promotes a percolative mechanism through the formation of sub-micrometric aggregates that can be accompanied by melting-recrystallization processes. Interconnections in these aggregates, which are clearly detected in the surface of samples as polyhedral particles, result in a significant enhancement of the electrical conductivity. In these samples the thermally-induced transition accompanied by the corresponding irreversible increment of conductivity occurs at only 50 °C.

#### Acknowledgements

This work was MICINN-FEDER funds (MAT2012-34498 and MAT2012-3625) and by the Generalitat de Catalunya (XRQTC). The authors also thank the Brazilian Government agencies CNPq and CAPES (process BEX 457 13736124) for the scholarship of R.S Peres.

#### References

Aasmundtveit KE, Samuelsen EJ, Pettersson LAA, Inganas O, Johansson T and Feidenhans R (1999). *Synth. Met.* 101: 561-564.  
 Aradilla D, Azambuja D, Estrany F, Casas MT, Ferreira CA and Alemán C (2012). *J. Mater. Chem.* 22: 13110-13122.  
 Aradilla D, Estrany F, Casellas F, Iribarren JI and

Alemán C (2014). *Org. Electron.* 15: 40-46.  
 Atanasov SE, Losego MD, Gong B, Sachet E, Maria JP, Williams PS and Parsons GN (2014). *Chem. Mater.* 26: 3471-3478.  
 Bubnova O, Khan ZU, Malti A, Braun S, Fahlman M, Berggren M and Crispin X (2011). *Nature Mater.* 10: 429-433.  
 Castagnola V, Bayon C, Descamps E and Bergaud C (2014). *Synth. Met.* 189: 7-16.  
 Culebras M, Gómez CM and Cantarero A (2014). *J. Mater. Chem. A.* 2: 10109-10115.  
 Dayal S, Reese M O, Ferguson A J, Ginley D S, Rumbles G and Kopidakis N (2010). *Adv. Funct. Mater.* 20: 2629-2635.  
 Estrany F, Alemán C, Armelin E and Casanovas J (2011). *Técnica Industrial.* 291: 24-33.  
 Estrany F, Aradilla D, Oliver R and Alemán C (2007). *Eur. Polym. J.* 43: 1876-1882.  
 Groenendaal LB, Jonas F, Freitag D, Pielartzik H and Reynolds JR (2000). *Adv. Mater.* 12: 481-494.  
 Hoppe H and Sariciftci NS (2006). *J. Mater. Chem.* 16: 45-61.  
 Jang K S, Eom Y S, Lee T W, Kim D O, Oh Y S, Jung H C and Nam J D (2009). *Appl. Mater. Interfaces.* 1: 1567-1571.  
 Jang K S, Kim D O, Hee J H, Hong S C, Lee T W, Lee Y and Nam J D (2010). *Org. Electron.* 11: 1668-1675.  
 Joo J, Park SH, Seo DS, Lee SJ, Kim HS, Ryu KW, Lee TJ, Seo SH and Lee CL (2005). *Adv. Funct. Mater.* 15: 1465-1470.  
 Kim Y, Cook S, Tuladhar S M, Choulis S A, Nelson J, Durrant J R, Bradley D D C, Giles M, McCulloch I, Ha C S and Ree M (2006). *Nature Mater.* 5: 197-203.  
 Kirchmeyer S and Reuter K (2005). *J. Mater. Chem.* 15: 2077-2088.  
 Koh JK, Kim J, Kim B, Kim JH and Kim E (2011). *Adv. Mater.* 23: 1641-1646.

Kumar A, Welsh DM, Morvant MC, Piroux F, Abboud KA and Reynolds JR, *Chem. Mater.* 1998, 10, 896-902.  
 Lee SH, Park H, Kim S, Son W, Cheong W and Kim JH (2014). *J. Mater. Chem. A.* 2: 7288-7294.  
 Luo J, Billep D, Waechtler T, Otto T, Toader M, Gordan O, Sheremet E, Martin J, Hietschold M, Zahn DRT and Gessner T (2013). *J. Mater. Chem. A.* 1: 7576-7583.  
 Meng H, Perepichka D, Bendikow M, Wudl F, Pan GZ, Yu W, Dong W and Brown S (2003). *J. Am. Chem. Soc.*, 125: 15151-15162.  
 Mott, NF (1969). *Philos. Mag.* 19: 835-852.  
 Nardes AM, Ferguson AJ, Whitaker JB, Larson BW, Larsen RE, Maturová K, Graf PA, Boltalina OV, Strauss SH and Kopikadis N (2012). *Adv. Funct. Mater.* 22: 4115-4127.  
 Nardes AM, Janssen RAJ and Kemerink M (2008). *Adv. Funct. Mater.* 18: 865-871.  
 Nielsen C B and McCulloch I (2013). *Prog. Polym. Sci.* 38: 2053-2069.  
 Ocampo C, Oliver R, Armelin E, Alemán C and Estrany F (2006). *J. Polym. Res.* 13: 193-200.  
 Pettersson L, Johansson T, Carlsson F, Arwin H and Inganas O (1999). *Synth. Met.* 1999, 101: 198-199.  
 Schwartz BJ (2003). *Ann. Rev. Phys. Chem.* 54: 141-172.  
 Tada K (2013). *Sol. Energ. Mat. Sol. C.* 108: 82-86.  
 Wilson P Lekaku C and Watts J (2013). *Org. Electron.* 14: 3277-3285.  
 Winther-Jensen B, Winther-Jensen O, Forsyth M and MacFarlane DR (2008). *Science*, 321: 671-674.  
 Wu D, Zhag J, Dong W, Chen H, Huang X, Sun B and Chen L (2013). *Synth. Met.* 176: 86-91.  
 Xia Y and Ouyang J (2010). *Appl. Mater. Interfaces.* 2: 474-483.  
 Xuan Y, Sandberg M, Berggren M and Crispin X (2012). *Org. Electron.* 13: 632-637.

# Análisis del sistema eléctrico español

## *Analysis of the Spanish electrical system*

José Antonio Galdón Ruiz<sup>1</sup>, Inmaculada Guaita Pradas<sup>2</sup>, Bernabé Mari Soucase<sup>3</sup>

### Resumen

Un sistema eléctrico eficiente debería presentar un equilibrio entre los factores principales que ha de cumplir, que son la fiabilidad y garantía de suministro, que sea limpio y bajo en emisiones, que sea económico y que tenga un alto índice de autoabastecimiento. En este artículo se analizarán los cuatro factores indicados para el sistema eléctrico español, y podremos comprobar el enorme desequilibrio que presenta, dado que tenemos un sistema sobredimensionado y muy fiable, que ha mejorado mucho respecto a las emisiones y la dependencia energética, pero que es muy caro e inviable en la actualidad. Este hecho nos ha de llevar a la reflexión profunda sobre los cambios que han de producirse en el mismo, para conseguir los objetivos perseguidos, y que indudablemente tendrán que pasar por una planificación a medio-largo plazo.

### Palabras clave

Sistema eléctrico, dependencia energética, fiabilidad y garantía de suministro, emisiones, precio de la energía eléctrica, déficit de tarifa.

### Abstract

*An electrical efficient system should present a balance between the principal factors that it has to fulfil. They are the reliability and guarantee of supply, it must also be clean and low in emissions, and cost-efficient and with a high index of self-supply. In this article the four factors indicated for the electrical Spanish system will be analysed, and we will be able to verify the enormous imbalance that it presents. It is an oversized and very trustworthy system, which has improved very much with regard to emissions and the energetic dependence, but it is very expensive and unviable at present. This fact has to take to us to the deep reflection on the changes needed to obtain the objectives pursued, which, without any doubt, will have to suffer a medium-long term planning.*

### Keywords

*Electric system, energy dependence, reliability and guarantee of supply, emission, electrical energy price, tariff deficit.*

Recibido / Received: 8.03.2017. Aceptado / Accepted: 16.03.2017

<sup>1</sup>Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño. Universitat Politècnica de València (ingaldon@gmail.com). <sup>2</sup>Departamento de Economía y Ciencias Sociales-INECO. Universitat Politècnica de València (iguaita@esp.upv.es). <sup>3</sup>Instituto de Diseño y Fabricación. Departamento de Física Aplicada. Universitat Politècnica de València (bmari@fis.upv.es).

Autor para correspondencia / Corresponding author: José Antonio Galdón Ruiz. Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño, Universitat Politècnica de València, Camí de Vera s/n, 46022 Valencia. ingaldon@gmail.com

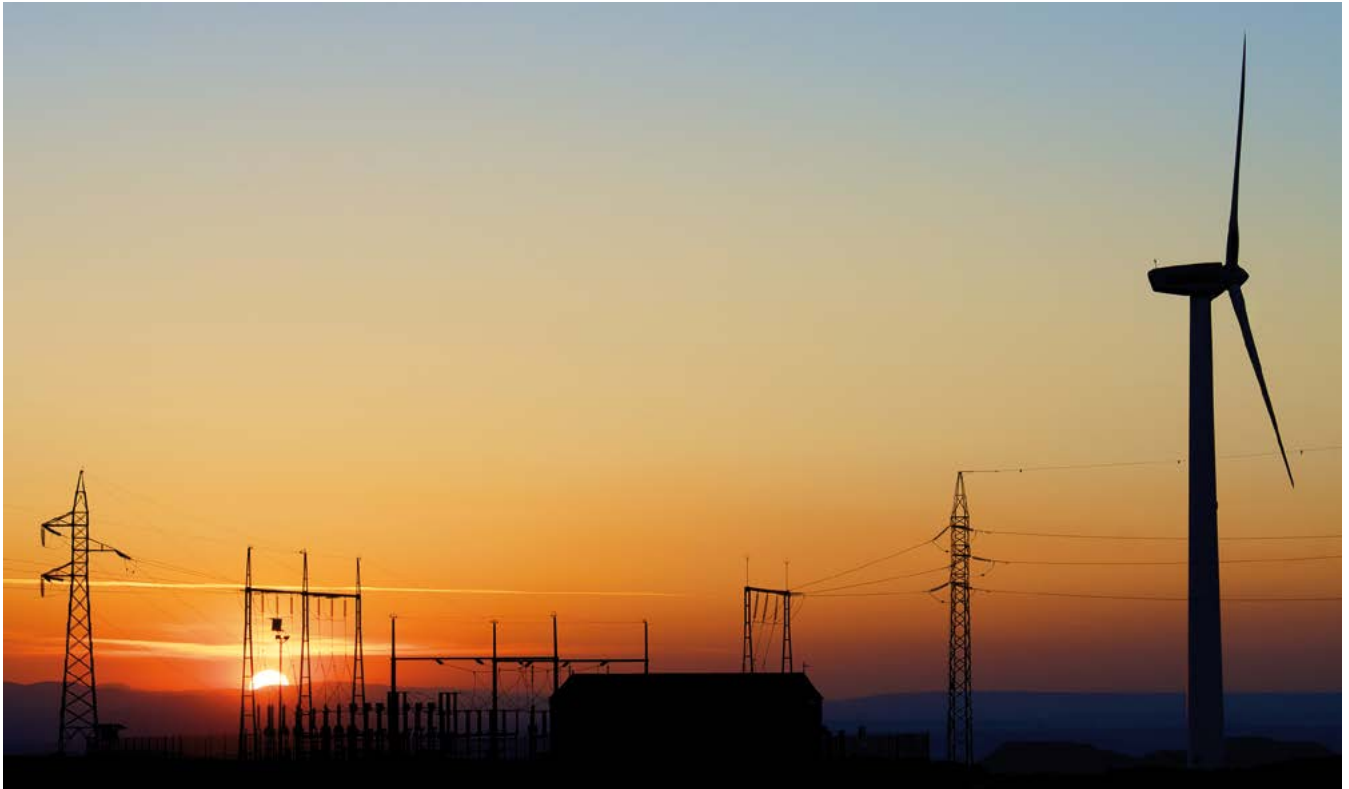


Foto: Pedrosala / Shutterstock.

## Introducción

Si por algo destaca nuestro sector eléctrico es por carecer de una correcta planificación a lo largo del tiempo, con unos objetivos claros y definidos que nos condujesen a conseguir un equilibrio entre los cuatro pilares básicos sobre los que debería pilotar, que son “fiabilidad y garantía de suministro”, “limpio y bajo en emisiones” y “económico”, de tal forma que nos encontramos en la actualidad con un sistema sobredimensionado, caro y, además, insostenible.

Este hecho ha sido provocado por las políticas cortoplacistas que han definido los diferentes Gobiernos, y que por errores estratégicos de previsión en el aumento del consumo eléctrico, primero fomentaron los ciclos combinados de gas, que en la actualidad se encuentran casi parados, y, posteriormente, con buen criterio pero con pésima estrategia impulsaron el sector de las energías renovables para poco después criminalizarlo y ponerlo en el centro de todos los males del sistema, cambiando las reglas del juego a mitad del partido y dejando desprotegidos a todos los inversores. Y todo ello acompañado de un aumento considerable en infraestructuras eléctricas que de-

bemos mantener y, por supuesto, en el marco de una liberalización parcial del sector eléctrico que lejos de conducirnos a una mayor competitividad de precios, ha supuesto una subida generalizada de los mismos.

En este artículo trataremos de analizar cuál ha sido la evolución del sistema eléctrico y las consecuencias que ha tenido sobre el precio de la energía para el consumidor y la economía global del país para, posteriormente, realizar una serie de propuestas que puedan normalizarlo y hacerlo sostenible.

Para ello, además de añadir un nuevo pilar en el que deberá basarse el sistema eléctrico, que no es otro que el del autoabastecimiento, tendremos que diseñar una estrategia para rentabilizarlo y que pasará de forma indudable por el cambio de modelo de consumo energético que priorice la energía eléctrica frente a otras fuentes de energía.

## Características generales del sistema eléctrico español

### Capacidad y garantía de suministro

#### Capacidad de producción eléctrica

Como introducción resulta muy gráfico comprobar cuál ha sido la evolución de la potencia instalada en generación frente a la energía producida y los

máximos de potencia demandada, para comprobar el desequilibrio tan importante que presenta y la infrautilización del mismo.

En la figura 1 se muestra la evolución de la potencia instalada peninsular en generación frente a la energía producida desde el año 1990 hasta el 2014, donde se incluye también el porcentaje de utilización de la potencia de generación y donde comprobamos que, a partir del año 2000 hasta 2014, se multiplica por 2 la potencia instalada de generación y coincide, por tanto, con el descenso en picado del porcentaje de utilización, ya que la producción de energía eléctrica durante este periodo solo aumenta el 30% frente al 100% de la generación.

En la figura 2 comprobaremos como este aumento excesivo en la potencia de generación tampoco obedece a criterios de máxima demanda horaria y vemos todo lo contrario, ya que mientras que la demanda horaria se mantiene casi similar a partir del año 2000, se multiplica por 2 la potencia instalada. En este punto, es cierto que hay que aclarar que no todas las fuentes de energía presentes en la generación tienen la misma disponibilidad de producción y, por ello, vamos a incluir también la evolución del índice de cobertura.

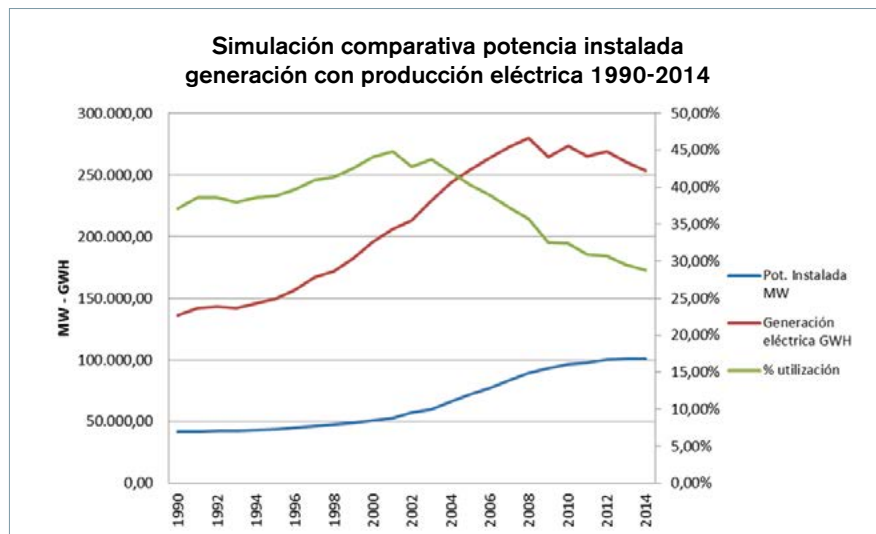


Figura 1. Evolución de la potencia instalada, la generación de energía eléctrica y porcentaje de utilización de los últimos 25 años (1990-2014). Fuente: REE.

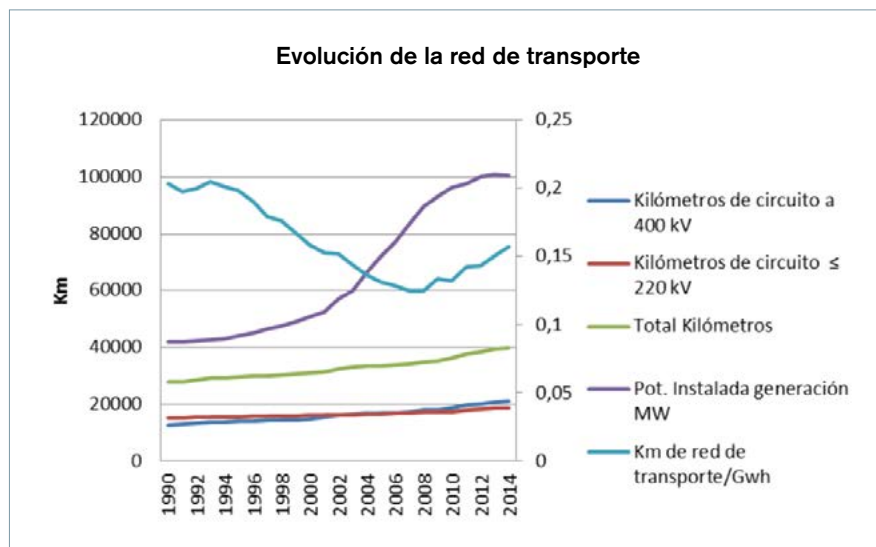


Figura 3. Evolución de la red de transporte durante los últimos 25 años (1990-2014). Fuente: REE y elaboración propia.

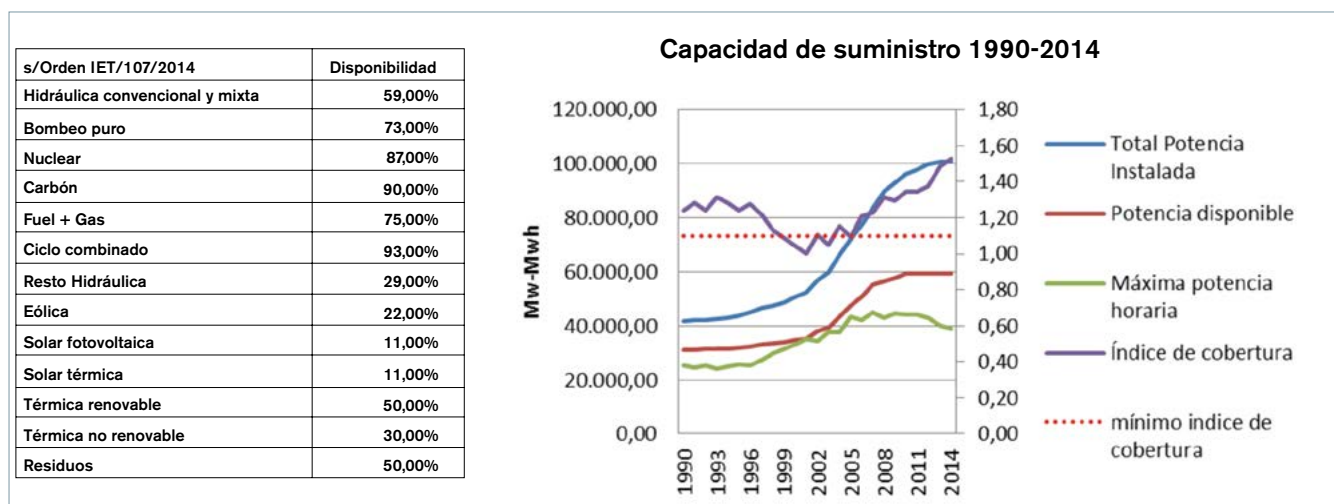


Figura 2. Capacidad de suministro e índice de cobertura de los últimos 25 años (1990-2014) Fuente: Elaboración propia.

Este índice de cobertura se calcula como el cociente entre la capacidad de potencia disponible instantánea y la máxima potencia requerida por parte del sistema y, para ello, y en función del tipo de fuente se utilizan los índices de disponibilidad marcados por el Ministerio de Industria.

Índice de cobertura = Potencia máxima disponible / Máxima potencia demandada

Potencia máxima disponible = Potencia instalada x Índice de disponibilidad

El índice de cobertura fijado para que dé seguridad al sistema eléctrico es de 1,10, y vemos que en el año 1990 se encontraba en el nivel de 1,21. Se mantuvo estable hasta 1997, cuando comienza a descender y desde el año 1999 hasta 2003 está por debajo del límite, para alcanzar el mínimo en el año 2001, cuando se situó en 1,00. Posteriormente, ya comienzan a ponerse en marcha los ciclos combinados y ya a partir de 2006, las energías renovables, que hacen que se duplique prácticamente la potencia instalada y es lo que nos lleva al índice de cobertura de 1,53 del año 2014. Es decir, nos encontramos, como hemos dicho ya, ante un sistema sobredimensionado.

**Red de transporte**

Esta variable depende en gran medida de Red Eléctrica Española SA, que desde el año 2007 (Ley 17/2007) se convierte en el transportista único y operador del sistema eléctrico español. No obstante, ya en el año 2004 se convierte en el operador de los sistemas

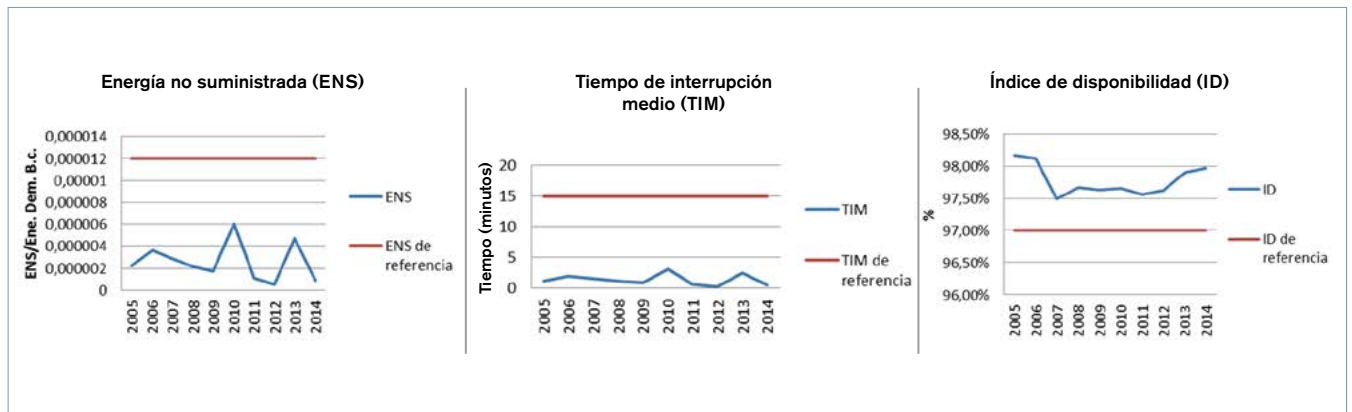


Figura 4. Evolución de la calidad del sistema eléctrico peninsular durante los últimos 10 años (2005-2014). Fuente REE y elaboración propia.

extrapeninsulares (Canarias, Baleares, Ceuta y Melilla) y en el año 2002 comienza el proceso de adquisición de las infraestructuras de transporte a las compañías eléctricas.

En la siguiente figura observamos cómo ha ido evolucionando la red de transporte peninsular con respecto tanto a la potencia eléctrica instalada como a la energía generada, y comprobamos que mientras estas últimas han subido el 98,78% y el 29,74%, respectivamente, la red de transporte solo ha aumentado el 28,65 y, sin embargo, el precio medio del transporte del gWh se ha multiplicado por dos en estos últimos 15 años.

También podemos extraer del informe de Red Eléctrica de España (REE) correspondiente al sistema eléctrico del año 2014 que tenemos una capacidad distribución con las redes actuales el 45% superior al actual, por lo que en el caso de aumento de la demanda no sería necesario realizar nuevas infraestructuras, salvo las propias de mantenimiento y operación que viene realizando de forma programada y anual REE.

**Indicadores de calidad**

Los indicadores de medida de la calidad global en la red de transporte conforme al RD 1955/2000 son la energía no suministrada (ENS), el tiempo de interrupción medio (TIM) y el índice de disponibilidad (ID).

ENS: energía cortada al sistema (MWh) a lo largo del año; tiene que ser un valor inferior a  $1,2 \times 10^{-5}$  de la demanda de energía eléctrica en barras de central.

TIM: tiempo medio de interrupción como la energía no suministrada y la potencia media del sistema siendo  $TIM = HA \times 60 \times ENS/DA$ , y ha de ser como máximo de 15 min/año.

HA: horas anuales.

DA: demanda anual del sistema en MWh.

ID: disponibilidad de la red en porcentaje de tiempo del total que sus líneas, transformadores y elementos de control de potencia activa y reactiva han estado disponibles.

ID:  $100 - II$ .

II (índice de indisponibilidad):  $i = \frac{nnt1 \cdot PN_i}{T} \cdot 100$

Ti: tiempo de indisponibilidad.

N: número total de circuitos, transformadores y elementos de control de potencia activa o reactiva de la red de transporte.

T: duración del periodo de estudio (horas).

PNi: potencia de los circuitos, transformadores y elementos de control de potencia activa o reactiva.

Según todo lo anterior, vamos a comprobar cómo ha sido la calidad de la red para los últimos 10 años, analizando cada uno de los parámetros a través de los datos obtenidos del REE y que se presentan en la siguiente figura.

**Redes de interconexión con otros países**

En la actualidad, tenemos una capacidad de intercambio de energía muy limitada, y esto convierte prácticamente a España en una isla energética y que, por tanto, afecta de forma muy negativa a la capacidad de gestión de la energía eléctrica, además de incumplir las indicaciones marcadas por la UE que sugieren una capacidad de interconexión del 10% de la potencia instalada con el objetivo puesto en el Mercado Interior de la Electricidad en Europa (MIE).

	2014			2015		
	Pot. instalada generación	MW	%	Pot. instalada generación	MW	%
España-Francia	1.400,00	MW	1,39%	2.800,00	MW	2,74%
España-Portugal	3.000,00	MW	2,98%	3.000,00	MW	2,94%
España-Marruecos	900,00	MW	0,89%	900,00	MW	0,88%

Tabla 1. Capacidad de interconexión del sistema eléctrico peninsular. Fuente REE.



Tras la inauguración de la nueva línea de interconexión el pasado año 2015, se consigue duplicar la capacidad de interconexión con Francia, pero seguimos con un escaso porcentaje de interconexión del 2,74%, lo que 2015 nos indica que tendremos que seguir realizando muchos esfuerzos en este sentido. Se muestra el resumen de las interconexiones en la tabla 1.

**Limpio y bajo en emisiones**

**Evolución del mix de producción eléctrica**

Realizando una visión de los últimos 25 años (1990-2014) podemos ver en la figura 5 cómo ha ido evolucionando nuestro parque de generación eléctrica de forma cuantitativa y cualitativa, y llaman especialmente la atención los siguientes datos:

–Desde el año 2000 hasta el 2014 se

ha multiplicado por 2 la potencia instalada en generación y, sin embargo, la energía generada es solo el 30% superior, lo que nos indica la infrautilización de la potencia instalada.

–A partir del año 2006 se estanca la instalación de potencia en generación ordinaria y prácticamente se multiplica por 2 la capacidad de generación en régimen especial. Este hecho hace

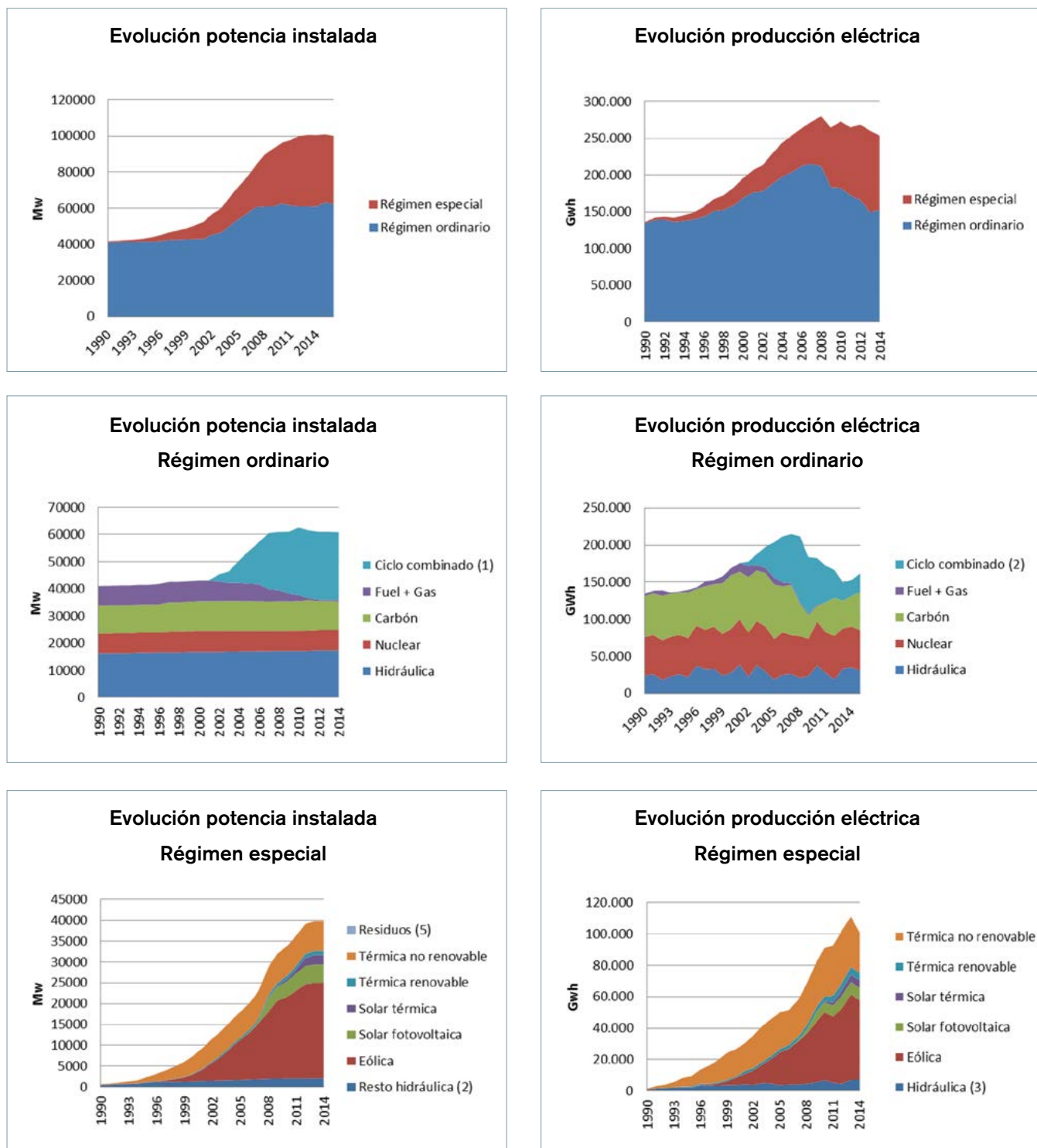


Figura 5. Evolución del mix de producción eléctrica de los últimos 25 años (1990-2014). Fuente: Minetur.

que se multiplique por 2 la producción eléctrica en régimen especial y que disminuya el 28% la producción en régimen ordinario.

–De 2002 hasta 2010 se instala gran potencia de generación en centrales de ciclo combinado para sustituir a las centrales de fueloil, y que alcanza su pico de producción en 2008, para posteriormente quedar relegadas a cubrir los picos de demanda, estando en la actualidad infrautilizadas.

–El parque de generación renovable sin considerar la gran hidráulica constituye en 2014 el 32,45% de la potencia instalada y el 29,65% de la producción eléctrica.

**Emisiones de CO<sub>2</sub>**

Tal como hemos visto en el punto anterior la evolución del mix eléctrico, podemos observar cómo han ido disminuyendo paulatinamente las emisiones de CO<sub>2</sub> de nuestro sistema eléctrico, coincidiendo con la inclusión de las fuentes renovables (eólica y fotovoltaica), de tal forma que desde el año 2002, cuando teníamos unas emisiones de 453 Tn de CO<sub>2</sub> por gWh, hemos pasado a tener en el año 2014 casi la mitad, 237Tn de CO<sub>2</sub> por gWh. No obstante, también podemos observar un pico de las emisiones en el año 2012 que se produjo al ser un año de mucha sequía y, por tanto, de muy poca generación hidráulica y que se suplió a través de las centrales de carbón y ciclo combinado que aumentaron considerablemente su producción.

Este hecho unido también al descenso de la producción eléctrica nos ha llevado a reducir de forma considerable las emisiones globales desde las 98.000 Tn de CO<sub>2</sub> en 2005 hasta el 50% (49.000 Tn) en 2014.

Para calcular las emisiones se han considerado los datos de emisión fijados por el IDAE y el Minetur. Estos datos se pueden ver reflejados en la figura 6.

**Precio de la energía eléctrica**

**Estructura del sistema eléctrico**

Para definir el sistema eléctrico tal como está concebido en la actualidad, y así poder analizar su funcionamiento y costes, conviene realizar una pequeña introducción sobre los cambios que ha habido en el mismo durante los últimos años.

En una primera fase (Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico) se separan las actividades reguladas (transporte y distribución) y las no reguladas (producción y comercialización). Las empresas eléctricas se ven obligadas a separar contable y jurídicamente esas actividades.

Posteriormente, la Ley 17/2007, de 4 de julio, del sector eléctrico, establece que la actividad de suministro a tarifa pasará a ser ejercido en su totalidad por las comercializadoras en libre competencia, en lugar de las distribuidoras que eran las encargadas hasta ese momento.

Finalmente, el Decreto 485/2009, de 3 de abril, regula la puesta en marcha del suministro de último recurso e introduce dos cambios importantes a partir del 1 de julio de 2009:

- Las empresas distribuidoras ya no comercializan directamente al cliente la electricidad. Esta actividad la realizan las empresas comercializadoras.

- Las tarifas reguladas han desaparecido, a excepción de la tarifa de último recurso (TUR) para suministros de baja tensión y potencia contratada inferior a 10 kW.

Todo ello se puede ver en modo de resumen en la figura 7.

Según lo anterior, veremos a continuación en la siguiente tabla extraída de los datos de liquidación del sistema eléctrico elaborados por la Comisión Nacional de la Energía y la Comisión Nacional de Mercados y la competencia, cuál ha sido el balance del mismo durante los últimos 15 años.

Podemos destacar cómo a partir de julio de 2009, ya no se consideran ni los gastos ni los ingresos por la compra de energía, ya que se pagan directamente al generador y, por tanto, no entran en el sistema.

En el apartado de ingresos, cabe también destacar cómo a partir del año 2013, y para frenar el enorme agujero que se estaba creando, se decide a través de la Ley 15/2012, financiar el sistema con cargo a los presupuestos generales del Estado, con impuestos al consumo de carburantes y el canon por la utilización de aguas, además de incluir dentro del sistema los ingresos por la venta de derechos de emisiones de CO<sub>2</sub> correspondientes al sistema eléctrico.

En cuanto a los gastos, podemos comprobar que es un auténtico caos por las numerosas partidas existentes

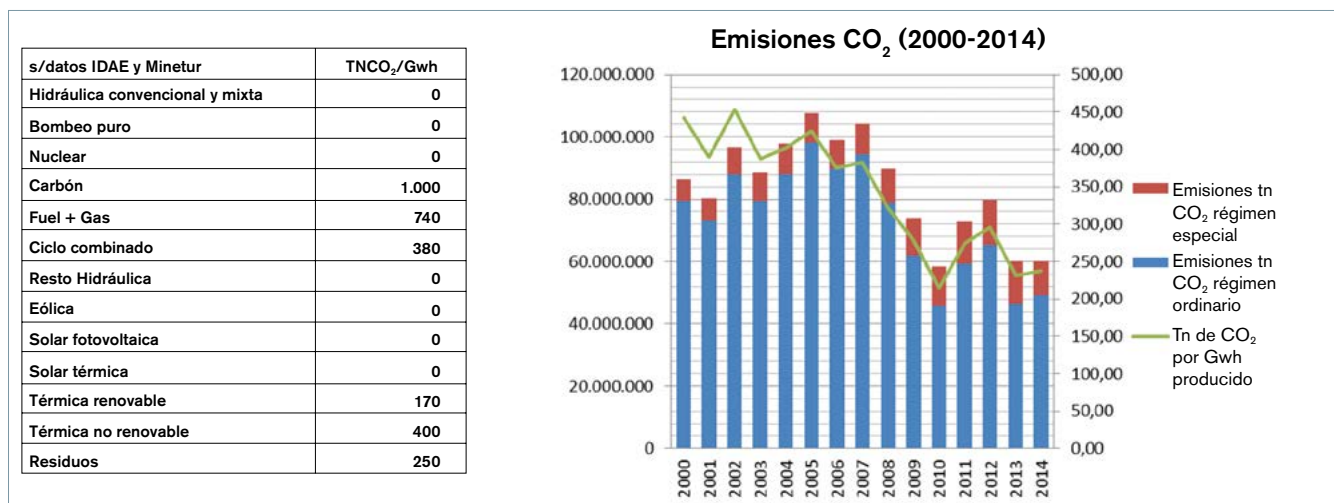


Figura 6. Evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> del sistema eléctrico durante los últimos 15 años (2000-2014). Fuente: Minetur y elaboración propia.

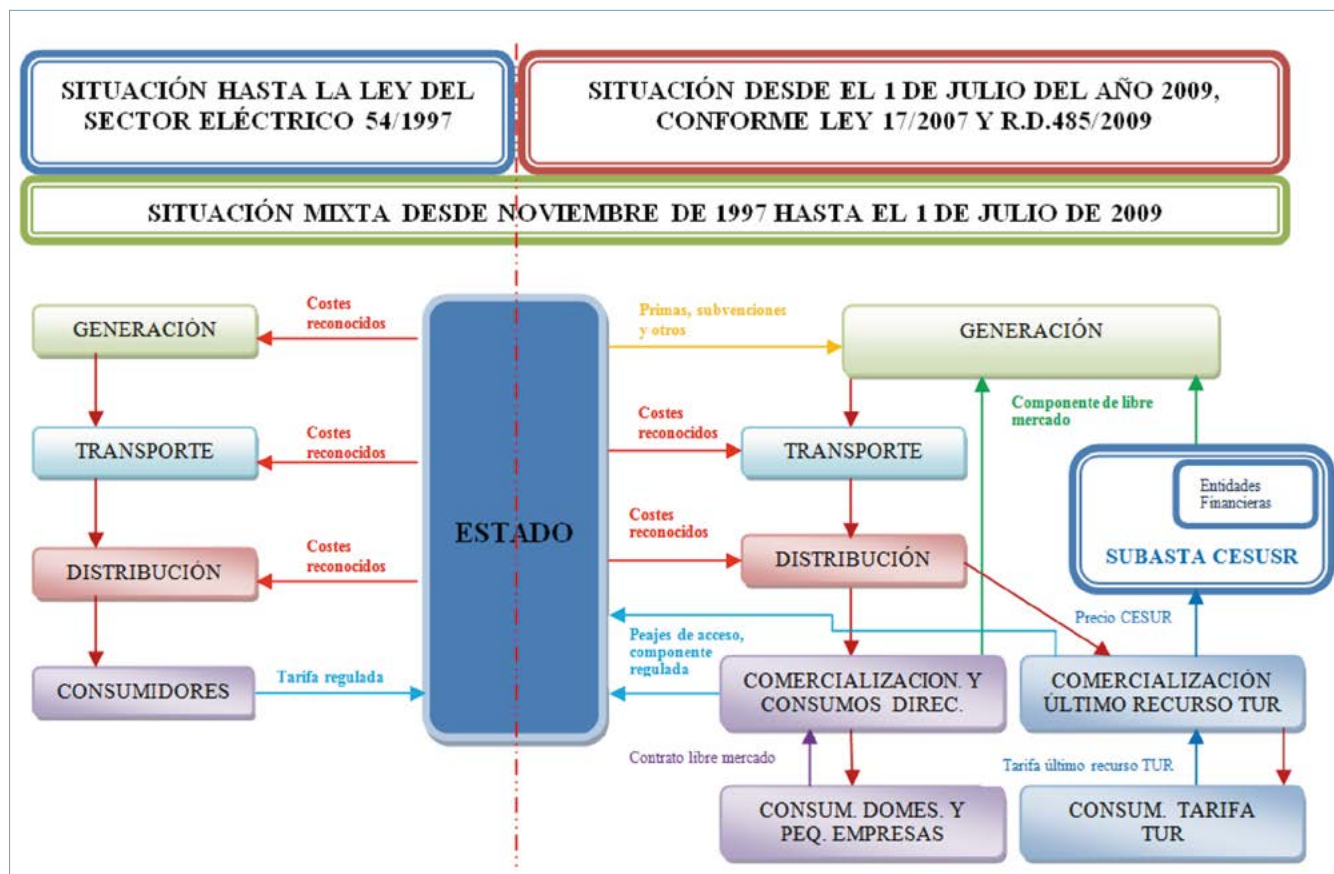


Figura 7. Esquema de funcionamiento del sistema eléctrico. Fuente: Minetur y elaboración propia.

y que hemos tratado de aglutinar para dividir las también en cuatro grandes bloques.

El primero será el del coste de la energía, tanto del régimen ordinario como del régimen especial. Para ello, hemos tenido que eliminar el importe de las primas a la energía renovable, restando del importe total que venía en las liquidaciones el que le correspondía a los kWh comprados al régimen especial al precio de mercado y obteniendo por tanto el sobrepago pagado al régimen especial.

En el segundo bloque, nos encontramos con las cuotas con asignación específica, es decir, a estos gastos se les asigna de forma directa cada año un porcentaje de los ingresos del sistema.

En el tercer bloque, nos encontramos todos los costes regulados que se quieren incluir en el sistema, desde las primas al carbón y las renovables, hasta los déficits de otros años, los CTC, los pagos por capacidad, interrumpibilidad, etc.

Y, por último, en el cuarto bloque, tenemos los servicios regulados, que son en este caso los más entendibles

para el consumidor como son el transporte, la distribución y la comercialización de la energía.

A partir de los datos de la tabla anterior, y si eliminamos los costes y los ingresos generados por la transacción de energía, podremos ver en la figura 8 cómo han evolucionado tanto los ingresos del sistema como los costes, comprobando que los últimos se han multiplicado por cuatro desde el año 2000 hasta el año 2013 y, posteriormente, en los años 2014 y siguientes, se han reducido los mismos pero gracias a una operación de maquillaje, debido a que se externalizan determinados costes a los presupuestos generales del Estado como la compensación a los sistemas extrapeninsulares, los gastos del operador del sistema y de mercado, que se cargan a los productores de energía y que, posteriormente, nos cobran en el precio de la energía. Y, por eso, no se ha visto reflejado en la factura eléctrica la reducción de los costes del sistema.

Además, también veremos como los ingresos del sistema para los años 2013 y 2014 cuentan ya con la aportación de los presupuestos generales del esta-

do a través de lo dispuesto en la Ley 15/2012 y el importe de los derechos de subasta de emisión de CO<sub>2</sub>.

Según hemos podido ver hasta ahora, el precio de la energía que al final consumimos tiene una parte regulada que se paga a través de los peajes de acceso y que tiene que satisfacer los costes del sistema, y una segunda que está liberalizada, que es la de la producción de energía eléctrica. Así que en los siguientes puntos vamos a ver la evolución de las diferentes partes.

#### Costes de la parte liberalizada (producción eléctrica) y regulada

En este punto vamos a analizar cómo ha sido la evolución de los dos conceptos del suministro eléctrico que son la parte liberalizada del sistema eléctrico, es decir, la producción de energía y el precio de venta al mercado, y la parte regulada en la que se incluyen las cuotas, costes y servicios del sistema eléctrico, además de los déficits y otras políticas energéticas como primas y otro, durante los últimos 15 años (2000-2014).

En la figura 9, se muestra la evolu-

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
<b>Ingresos brutos</b>	<b>10.782.240,3</b>	<b>10.760.857,2</b>	<b>11.230.435,5</b>	<b>12.075.948,8</b>	<b>12.443.595,5</b>	<b>13.907.826,3</b>	<b>17.290.973,3</b>	<b>18.773.539,8</b>	<b>18.804.454,4</b>	<b>14.553.990,0</b>	<b>12.681.915,0</b>	<b>12.954.210,0</b>	<b>14.902.179,0</b>	<b>16.931.641,0</b>	<b>17.514.141,0</b>	
Ingresos facturación clientes tarifa	10.088.511	9.912.139	10.327.683	11.009.708	11.034.275	11.966.841	15.829.049	16.788.059	15.933.323	7.286.388						
Otros ingresos, regulaciones, orden ITC 1659/2009	44.324	47.820	47.852	50.333	49.288	55.541	7.771	360.366	755.153	377.600	63.806	124.444	62.569	34.208	347.359	
Tarifas de acceso a productores energía												101.406	145.075	137.497	132.715	
Ingresos por peajes de acceso cons. Finales	649.568	800.838	854.900	1.016.107	1.360.052	1.885.444	1.454.153	1.645.134	2.111.978	6.890.002	12.520.109	12.728.360	14.594.535	13.884.456	14.070.542	
Ingresos Ley 15/2012 medidas fiscales, via impuestos														2.615.722	2.644.519	
Ingresos subastas de CO2														259.758	318.966	
<b>Gastos brutos</b>	<b>11.071.938,8</b>	<b>10.861.090,0</b>	<b>12.379.788,0</b>	<b>12.075.948,8</b>	<b>12.443.595,5</b>	<b>17.788.273,3</b>	<b>20.337.736,0</b>	<b>20.005.899,0</b>	<b>24.964.072,0</b>	<b>19.489.816,0</b>	<b>18.237.858,0</b>	<b>16.894.541,0</b>	<b>20.511.342,0</b>	<b>20.411.819,0</b>	<b>16.961.992,0</b>	
<b>Costes adquisición energía</b>	<b>5.958.712,0</b>	<b>5.845.508,0</b>	<b>7.186.503,0</b>	<b>6.178.400,0</b>	<b>6.031.764,0</b>	<b>10.892.689,0</b>	<b>12.744.638,0</b>	<b>9.677.023,0</b>	<b>11.430.784,0</b>	<b>9.132.761,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	
coste energía tarifa	4.880.424	4.620.370	5.597.753	4.838.627	4.622.800	9.356.783	11.876.143	9.429.178	11.430.784	9.132.761						
coste adquisición energía régimen especial	1.078.288	1.224.938	1.588.750	1.339.773	1.408.964	1.535.910	868.495	247.845								
<b>Cuotas con destino específico y que dependen de la legislación en vigor</b>	<b>1.145.196,0</b>	<b>697.452,0</b>	<b>748.794,0</b>	<b>881.459,0</b>	<b>1.067.974,0</b>	<b>898.149,0</b>	<b>785.507,0</b>	<b>1.590.417,0</b>	<b>1.700.327,0</b>	<b>1.920.004,0</b>	<b>1.294.699,0</b>	<b>1.125.090,0</b>	<b>490.021,0</b>	<b>372.157,0</b>	<b>361.675,0</b>	
compensación extrapeninsulares (1)	107.212	122.258	198.619	207.446	219.528	337.398	396.834	1.118.309	1.164.853	1.347.959	860.045	718.932	10.102	0		
Operador del sistema (2)	6.283	8.449	12.775	14.421	25.917	34.223	36.221	34.715	37.886	42.071	37.020	40.412	15.761	2.505	725	
Operador del mercado (3)	6.643	8.449	9.061	9.426	8.433	9.975	10.558	10.222	11.128	5.316	-364	-184	-384	-28	-215	
CNE-CNMC	7.232	8.449	8.844	9.628	10.297	12.008	13.771	14.369	15.020	17.488	22.688	22.794	22.839	17.998	21.006	
CTC	533.711	54.259		59.103	241.567						-20.935					
moratona nuclear (y stock básico uranio 2000 y 2001)	382.337	379.810	395.692	425.340	437.784	420.479	130.635	3.630	3.585	15.398	98.914	49.295	53.456	71.553	64.349	
cuota 2ª parte combustible nuclear	94.781	97.700	107.202	100.658	105.292	30.175	41.737	50.625	62.597	67.807	482	123	127	133	140	
recargo déficit ingresos 2005 (4)							140.272	344.095	390.137	423.565	296.863	293.678	390.120	280.396	275.670	
cuota interrump. y rég. Espec.	6.991	38.078	16.591	15.631	15.176	14.991	15.499	14.452	15.131	0	0	0	0	0	0	
<b>COSTES REGULADOS</b>	<b>984.122,0</b>	<b>877.827,0</b>	<b>861.098,0</b>	<b>1.303.077,0</b>	<b>1.486.661,0</b>	<b>1.921.329,0</b>	<b>2.218.140,0</b>	<b>3.487.992,0</b>	<b>6.222.248,0</b>	<b>8.404.782,0</b>	<b>10.057.874,0</b>	<b>8.693.430,0</b>	<b>19.596.900,0</b>	<b>11.841.575,0</b>	<b>9.914.630,0</b>	
Primas al Carbón y stock carbón	97.515	173.660	247.515	198.591	172.623	69.205	76.402	79.800	93.089		-96					
Primas renovables	496.607	664.167	613.583	910.674	1.024.765	1.155.054	1.608.419	2.580.040	4.096.839	6.521.285	7.366.915	6.984.805	8.585.853	3.306.575	6.775.179	
Calidad de servicio					50.000	80.000	90.000	90.000	90.000	90.000	10.000	-8.578	-8.770	-22.000	56.204	
Gestión de la demanda					10.000	10.000								-9.145		
Desajuste de ingresos o déficits anteriores a 2003 (4)				213.846	208.524	209.105	210.553	219.602	225.099	220.837	203.545					
revisión generación extrapeninsular				19.566	20.749	18.038	16.025	92.507	191.292	188.389	282.687	160.845	18.223	38.594		
Plan de financiación extraordinario						19.927	43.491									
Plan ahorro y efic. Energ.204-2012							173.460	176.760	275.500	308.500	308.900					
Desajuste ingresos año 2006 (4)								173.122	210.242	211.449	171.210	174.338	98.078			
Desajuste ingresos año 2007 (4)									17.724		202.369				96.455	
Desajuste ingresos año 2008 (4)									449.710	347.494	322.738	240.575	7.635	74.988		
Desajuste ingresos año 2009 (4)											1.363.254	71.667	97			
Desajuste ingresos año 2010 (4)											211.852	80.617	294.403	55.402		
Desajuste ingresos año 2011 (4)												111.018	1.103.903	26.322		
Desajuste ingresos año 2012 (4)														256.346		
Desajuste ingresos año 2013 (4)															250.528	
Adj. 2ª subasta déficit exante									85.682	120.529	98.151	101.374	102.427	96.435		
Plan de viabilidad de Elcogas S.A							75.561	64.501	32.859	66.919	-57.701					
Sist. Interrompibilidad del mercado (5)									228.630	385.303	401.677	497.195	470.455	677.342	553.000	
Sist. De pagos por capacidad (6)									183.540	37.892	-484.874	-677.767	-262.369	-603.483	-833.236	
Imputación de la diferencia entre pérdidas medidas y estándares										19.275	-55.575	-5.793	71.557	128.341	-11.668	
Bono social													307.833	425.594		
Compensación insular y extrapen. (1)											205.820	416.632	2.046.400	1.896.300	724.312	
anualidad FADE (4)												614.395	1.276.011	1.940.882	2.257.670	
coste diferencia de pérdidas y otros(7)														-552.859	-938.347	100.378
<b>actividades reguladas</b>	<b>3.573.908,0</b>	<b>3.480.503,0</b>	<b>3.989.929,0</b>	<b>3.713.018,0</b>	<b>3.857.196,0</b>	<b>4.425.102,0</b>	<b>4.989.221,0</b>	<b>5.290.267,0</b>	<b>5.610.713,0</b>	<b>5.950.299,0</b>	<b>6.885.291,0</b>	<b>6.986.061,0</b>	<b>6.482.821,0</b>	<b>6.628.087,0</b>	<b>6.687.707,0</b>	
Transporte	550.142	581.834	626.683	656.349	765.302	936.958	1.013.328	1.089.773	1.246.428	1.344.021	1.397.104	1.514.426	1.477.453	1.694.385	1.673.850	
Distribución y gestión comercial	2.823.765	2.898.669	2.956.640	3.016.669	3.090.894	3.488.144	3.975.893	4.160.494	4.364.285	4.527.530	5.135.577	5.090.854	4.663.199	4.699.361	4.629.053	
Distribución DT11 (<100.000 abon.)										80.748	352.610	360.781	342.169	324.141	328.064	
gestión comercial															56.700	
<b>Resultado anual</b>	<b>-289.535,0</b>	<b>-100.233,0</b>	<b>-1.149.273,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>-3.830.447,0</b>	<b>-3.046.763,0</b>	<b>-1.231.540,0</b>	<b>-6.159.618,0</b>	<b>-4.855.856,0</b>	<b>-5.555.943,0</b>	<b>-3.850.331,0</b>	<b>-5.609.163,0</b>	<b>-3.510.178,0</b>	<b>550.149,0</b>	

Tabla 2. Evolución de costes e ingresos del Sistema Eléctrico Español de los últimos 15 años (2000-2014). Fuente: Liquidaciones del Sistema Eléctrico CNMC y elaboración propia.

(1) Los costes destinados a sufragar los sobrecostes de los sistemas extrapeninsulares se pasan de las cuotas a los costes regulados en 2012, y tanto en 2014 como en 2015 se paga el 50% de los mismos a través de los presupuestos generales del Estado.

(2) Los costes del operador del sistema a partir del año 2012, se cargan como impuesto a los generadores de energía, por lo que en la casilla correspondiente se pone la diferencia entre los gastos y los ingresos (eliminando, por tanto, costes del sistema, que nos son cargados posteriormente en el precio de la energía por parte de los generadores).

(3) Los costes del operador del mercado a partir del año 2009, se cargan como impuesto a los generadores de energía, por lo que en la casilla correspondiente se pone la diferencia entre los gastos y los ingresos (eliminando, por tanto, costes del sistema, que nos son cargados posteriormente en el precio de la energía por parte de los generadores).

(4) Hasta que se publica el RD Ley 6/2009, las cinco grandes eléctricas eran las que financiaban el déficit de tarifa (Endesa, Iberdrola, Unión Fenosa-Gas Natural, Hidrocarbónico y EON), sin reconocimiento explícito a su derecho a recuperarlo, algo que afectaba muy negativamente a su capacidad de financiación.

Con la orden ECO 2714/2003 autorizó la titulización (reconocimiento y posibilidad de transmisión) de la deuda anterior a 2003 (1.539.041.000 €) transmitiendo los derechos de cobro a diversos agentes financieros y que se ha ido pagando desde el año 2003 hasta 2010, pagando un total de 1.711.171.000.

De forma similar se procede con el déficit generado en 2005, y posteriormente a través del RD 1634/2006 con el déficit reconocido ex ante, hasta septiembre de 2007 de 1.500 millones.

El RD Ley 6/2009 establece los límites de déficit para los años 2009, 2010, 2011 y 2012 que no se cumplen y que requieren una ampliación posterior en el RD Ley 14/2010, y en enero de 2011 se crea el Fondo de Amortización del Déficit Eléctrico (FADE) para la financiación de los déficits reconocidos que finalmente incluye hasta el déficit reconocido en el año 2013.

A partir del año 2013 se consigue el déficit cero, a través de las aportaciones al sistema que vienen definidas en la Ley 15/2012 de medidas fiscales para la sostenibilidad energética, creando un impuesto del 7% a la generación de energía (que luego se nos carga en el precio de la misma). Se modifican los tipos impositivos para el gas natural y el carbón suprimiendo las exenciones de los productos energéticos en la producción de energía eléctrica y la cogeneración, se crea un canon por la utilización de aguas continentales en la producción de energía eléctrica del 22% sobre el valor de la energía producida, se crean impuestos sobre la producción del combustible nuclear gastado y residuos, y se establece que los presupuestos generales del estado destinarán la cantidad similar a la recaudada por estos motivos en el sistema eléctrico, además de incluir los ingresos estimados por la subasta de derechos de emisiones de CO<sub>2</sub>.

(5) A través de la Orden ITC/2370/2007 se define el sistema de interrumpibilidad para compensar a aquellos grandes consumidores que puedan suprimir su demanda en función de los requerimientos del sistema.

(6) La Orden ITC 2794/2007 define e integra por primera vez los pagos por capacidad, entendiéndose como tales la capacidad de generación disponible a medio y largo plazo que podrán ofrecer los productores de energía que pasan en un principio a costes regulados del sistema. Posteriormente y a partir de la Orden ITC 3353/2010 se establecen unos nuevos peajes de acceso al consumo de energía para financiar estos pagos por capacidad, y se incluye en el sistema el resultado de la diferencia entre los ingresos y los costes, y como se puede ver en la tabla los ingresos son muy superiores a los gastos a partir del año 2010 y, por tanto, están reduciendo de forma camuflada los costes del sistema.

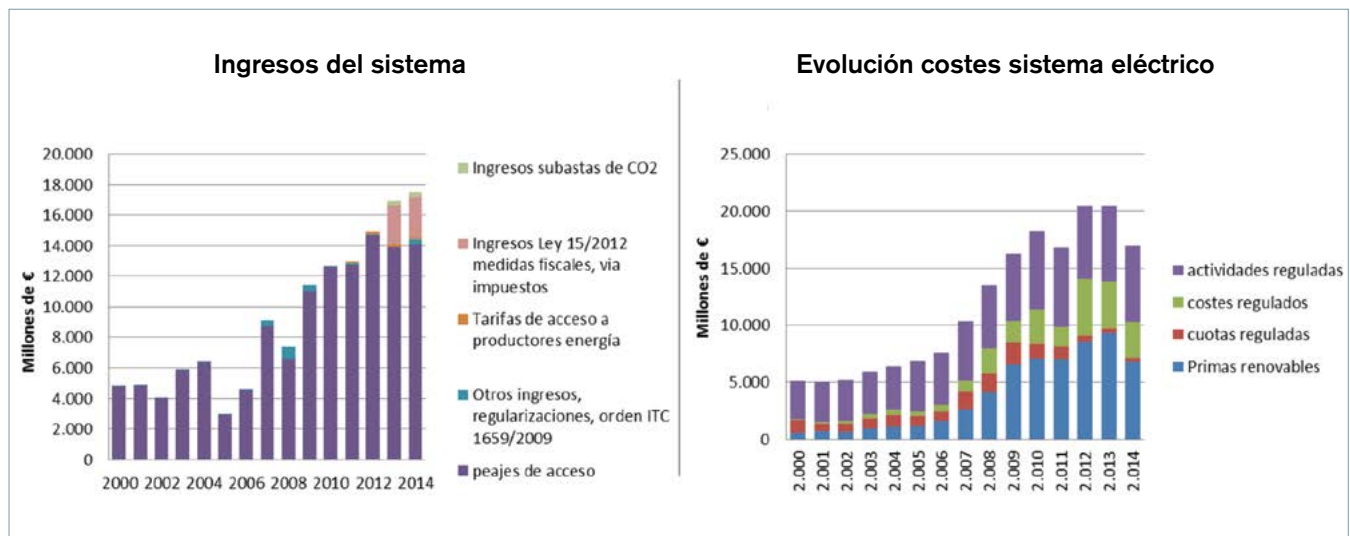


Figura 8. Evolución de los ingresos y costes del sistema eléctrico sin la compra de energía. Fuente: Liquidaciones del Sistema Eléctrico CNMC y elaboración propia.

ción de los precios de generación de energía eléctrica y los diferentes costes de gestión, así como el precio medio de venta en el mercado, y podremos comprobar que en estos últimos 15 años, la evolución de los precios ha sido bastante irregular, con un máximo en el año 2008 de 6,58 €/MWh que coincidió precisamente con el año de máxima producción eléctrica a través de los ciclos combinados y uno de los años de menor producción de energía hidráulica, lo que viene a justificar ese elevado precio.

No obstante, entre los años 2000 y 2014, hay un aumento neto del 41% en los costes de producción, incluidos los gastos de gestión del sistema y otros, por lo que la parte liberalizada ha tenido un comportamiento moderado aunque irregular, ya que podría considerarse un aumento medio cercano al 3% anual, algo que podría ser considerado lógico.

Sin embargo y en claro contraste con lo que ha sucedido con la parte liberalizada del sector eléctrico, es decir, la producción, podemos ver como

la parte regulada, o sea, lo correspondiente a los peajes de acceso que deberían sufragar los costes del sistema, han llegado hasta casi multiplicarse por cuatro desde el año 2000 hasta el 2013, cuando alcanza casi los 80 €/MWh, para descender en el 2014 hasta los casi 67 €/MWh.

Analizando ya el global de ambos costes del suministro de energía eléctrica, podemos ver que se ha multiplicado por dos el coste para pasar de 65,12 €/MWh en el año 2000, a los 121,90 €/MWh de 2014, y que marcó un máximo en 2013 de 136,21 €/MWh.

Y visto todo lo anterior, en el siguiente punto vamos a analizar cuál ha sido la repercusión real en el recibo eléctrico que hemos pagado los consumidores finales.

**Precios finales al consumidor**

Para este punto hemos utilizado los datos que ofrece la agencia europea Eurostat y podemos ver en la figura 10 la evolución del precio final de la energía en función de los diferentes tipos de consumidores domésticos y

su comparación con el precio medio de producción de eléctrica al mercado.

En la figura 10, también podemos observar la descomposición de la factura doméstica entre los costes liberalizados y regulados, para el consumidor doméstico tipo en la banda DC, con consumos entre 2.500 kWh y 5.000 kWh, y podemos observar que para el año 2014, el precio de la energía dentro de la factura no alcanza ni el 25% (24,27%) y que, sin embargo, los peajes de acceso son casi el 60% (58,36%), donde, como sabemos, están todos los costes regulados y las políticas energéticas y demás. Y observamos también que el precio final de la energía para el consumidor doméstico de la banda DC ha subido casi el 100% desde el año 2006 hasta el año 2014.

Realizamos el mismo análisis de la factura eléctrica correspondiente a los consumidores industriales, analizando también al consumidor tipo industrial en la banda IE con consumos entre 20.000 y 70.000 MWh, y comprobaremos que el resultado es muy diferente

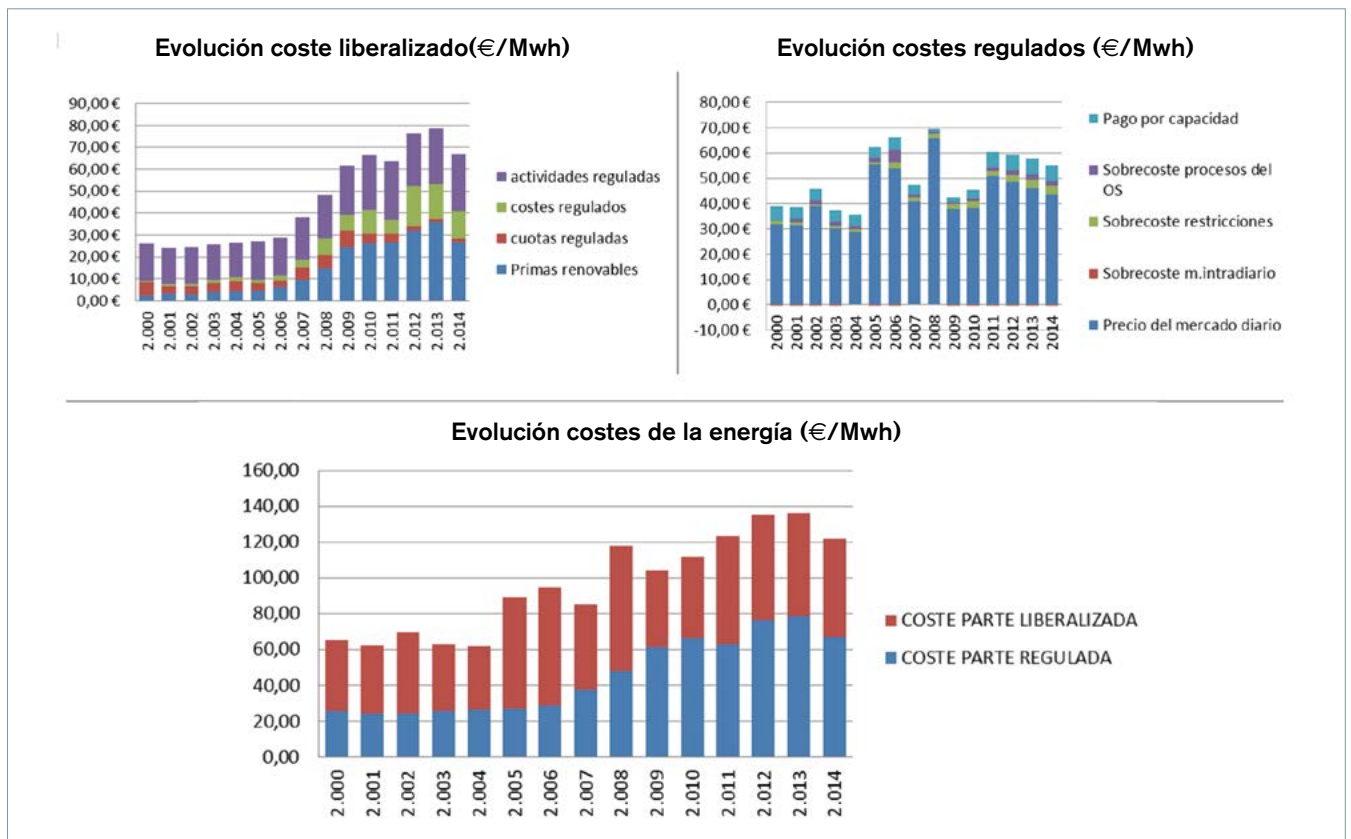


Figura 9. Evolución de los costes unitarios del precio medio de venta de energía (parte liberalizada) Fuente: Minetur y elaboración propia.

al que se presenta para el consumidor doméstico. De esta forma y según vemos en la figura 11, comprobamos que los precios son mucho más bajos para las diferentes bandas del sector industrial, llegando incluso a estar por debajo del precio medio del mercado para los grandes consumidores que negocian de forma individual. Pero, además, si observamos el desglose del precio de para la banda IE, comprobamos que los peajes

de acceso son casi la mitad del coste de la energía en 2014, invirtiéndose por completo la situación que se daba para los consumidores domésticos.

En este punto podemos comprobar que se reducen de forma exponencial los costes correspondientes a los peajes de acceso, en función del consumo de energía, que, por supuesto, tienen su base en los peajes que aprueba año tras año el Ministerio de Industria, Ener-

gía y Turismo en función del tipo de contrato.

**Evolución del déficit de tarifa**

Además de haber podido comprobar cómo ha subido el precio pagado por los consumidores, resulta que con lo que se ha pagado no se han cubierto los costes del sistema y, por tanto, se ha ido generando un déficit de tarifa durante los últimos años tal como se

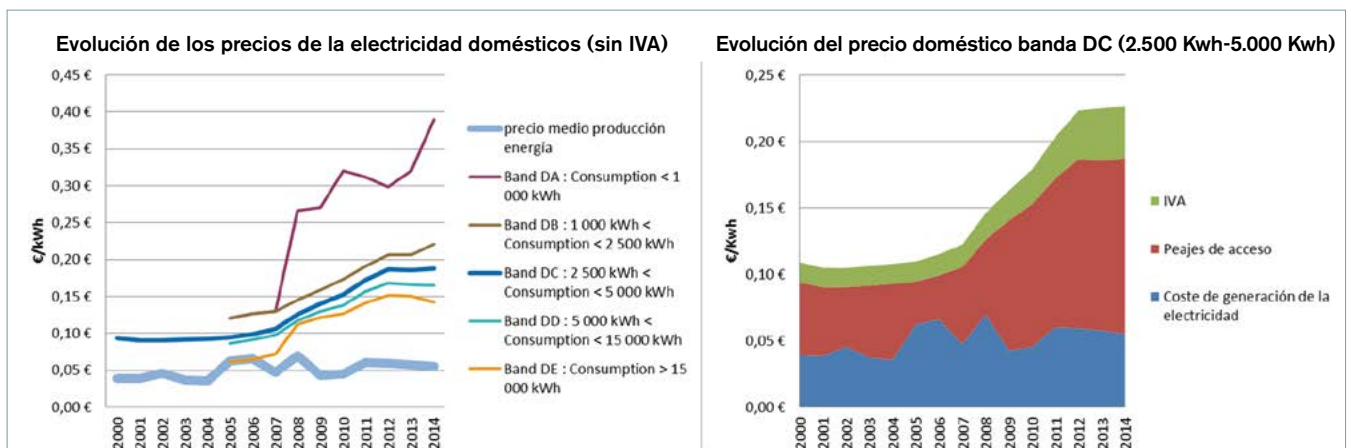


Figura 10. Evolución de los precios de electricidad domésticos durante los últimos 15 años (2000-2014) y específico de la banda DC. Fuente: Eurostat y elaboración propia.

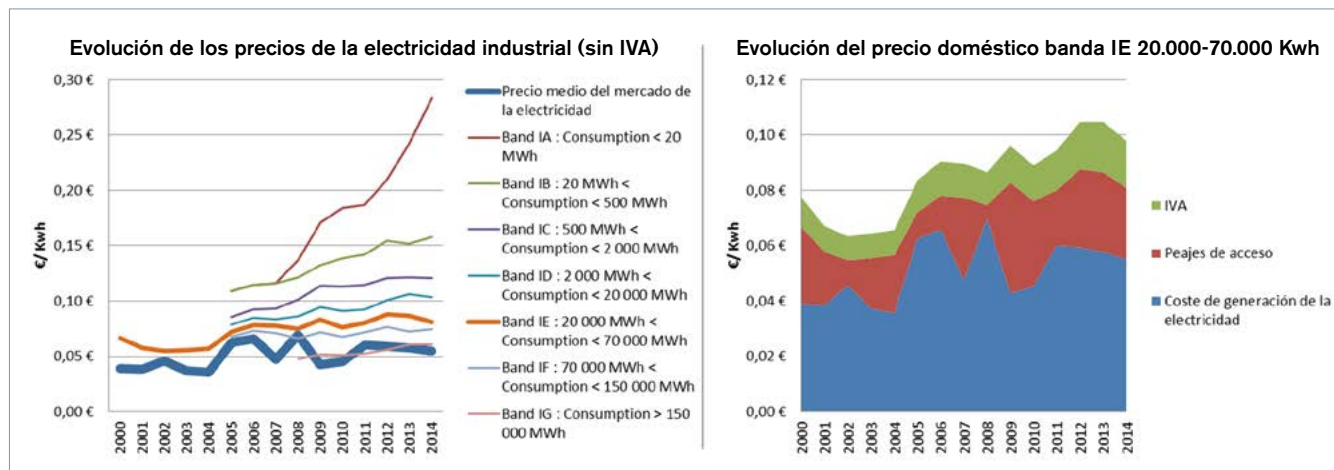


Figura 11. Evolución de los precios de electricidad industriales durante los últimos 15 años (2000-2014) y específico de la banda IE. Fuente: Eurostat y elaboración propia.

puede ver en la figura 12, que repercute nuevamente de forma negativa por cuanto se van acumulando los intereses de los mismos. Tal como se ha explicado en la tabla 2, no es hasta 2009 con el R.D. Ley 6/2009 cuando se pretende poner fin al déficit de tarifa para el año 2013 y se fijan unos límites para los años 2009, 2010, 2011 y 2012 que posteriormente han de ser modificados por la imposibilidad de cumplirlos. De este modo, es necesaria la aportación al sistema mediante los Presupuestos

Generales del Estado, a través de cánones, impuestos y otros fijados en la Ley 15/2012 de medidas fiscales para la sostenibilidad energética, que junto a otras tasas e impuestos a productores que se sacan del sistema, se consigue por primera vez en 2014 que se arroje un saldo positivo del sistema eléctrico.

De todas formas, el sistema sigue siendo deficitario y, por tanto, insostenible, por más que nos quieran decir que se ha conseguido el equilibrio en el mismo.

En la actualidad, se encuentra totalmente abonada la deuda correspondiente a los años anteriores a 2003, una parte de la correspondiente a 2005, otra parte del déficit ex ante del 2007 (1.500 millones de euros) y la correspondiente a 2013, quedando el resto de la deuda en el Fondo Adquisición del Déficit de Tarifa (FADE), como se muestra en la figura 12.

De la misma se pueden extraer muchas conclusiones, como que a 31-12-2014 la deuda del sistema es de casi

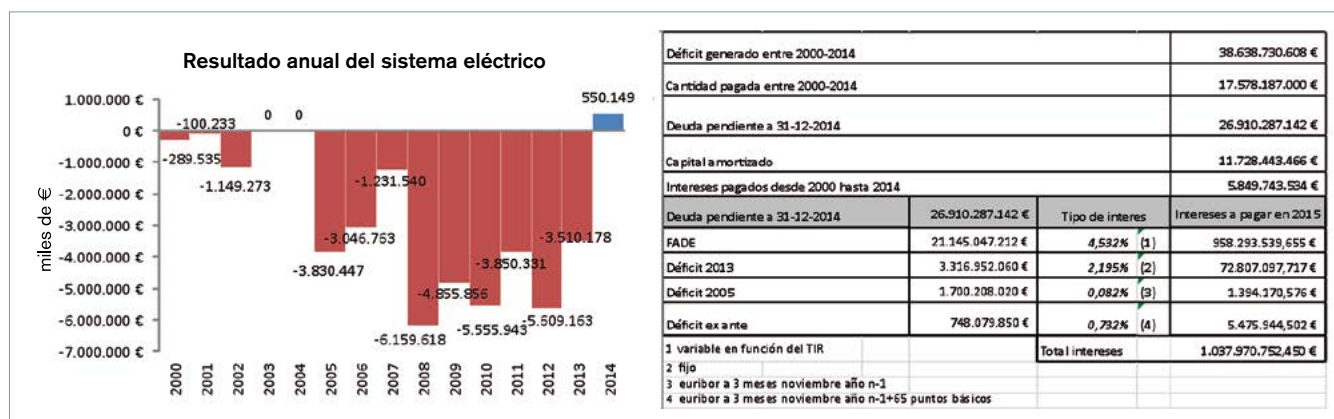


Figura 12. Evolución del resultado del sistema eléctrico y resumen del déficit de tarifa de los últimos 15 años (2000-2014). Fuente: CNMC y elaboración propia.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	% autoabast.	% autoabast.	% autoabast.	% autoabast.	% autoabast.	% autoabast.	% autoabast.	% autoabast.	% autoabast.	% autoabast.	% autoabast.	% autoabast.	% autoabast.	% autoabast.	% autoabast.
Hidráulica	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Nuclear	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Carbón	40,30%	35,10%	35,10%	34,90%	32,90%	31,30%	33,80%	28,80%	31,40%	36,80%	40,70%	20,84%	16,42%	16,73%	13,17%
Fuel + Gas	0,50%	0,50%	0,50%	0,50%	0,40%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,18%	0,27%	0,71%	0,61%
Ciclo combinado (2)	2,90%	2,50%	2,50%	0,90%	1,30%	56,00%	0,20%	0,00%	0,00%	0,00%	0,20%	0,16%	0,18%	0,19%	0,09%
Hidráulica (3)	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Edicia	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Solar fotovoltaica	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Solar térmica	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Térmica renovable (4)	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Térmica no renovable (4)	2,90%	2,50%	2,50%	0,90%	1,30%	0,20%	0,20%	0,00%	0,00%	0,00%	0,20%	0,16%	0,18%	0,19%	0,09%
Residuos	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabla 3. Porcentaje de autoabastecimiento energía de los últimos 15 años (2000-2014). Fuente: Minetur y elaboración propia.

27.000 millones de euros, por los que se pagarán en el año 2015 más de 1.000 millones de intereses que se cargan al sistema.

También podemos extraer que del total de deuda acumulada desde el año 2000 hasta 2015, que asciende a 36.638 millones de euros, se han amortizado 11.728 millones y se han pagado casi 6.000 millones en intereses.

**Autoabastecimiento**

El cuarto pilar del sistema eléctrico que

se tiene que analizar es su capacidad de autoabastecimiento, es decir, la utilización de recursos energéticos propios y que no se tengan que importar. A estos efectos consideraremos los datos recogidos por el Ministerio de Industria, respecto del autoabastecimiento de los diferentes combustibles energéticos, y se considerará el combustible nuclear como autoabastecido. Según lo anterior, en la tabla 3 se puede comprobar el grado de autoabastecimiento de cada uno de las fuentes de energía utilizadas

según los datos facilitados por el Ministerio, lo que multiplicado por la energía eléctrica producida por cada una de ellas nos dará como resultado el grado de autoabastecimiento del sistema para cada año, como se muestra en la figura 13.

En dicha figura podemos comprobar que se produce un descenso desde el año 2000 con el 64,44% hasta el año 2008, que presenta el 47,32%, cuando, como ya hemos dicho, marcan el máximo de producción los ciclos combinados para, posteriormente y coincidiendo con la aportación de las renovables, llegar hasta el 67,42% en el año 2014.

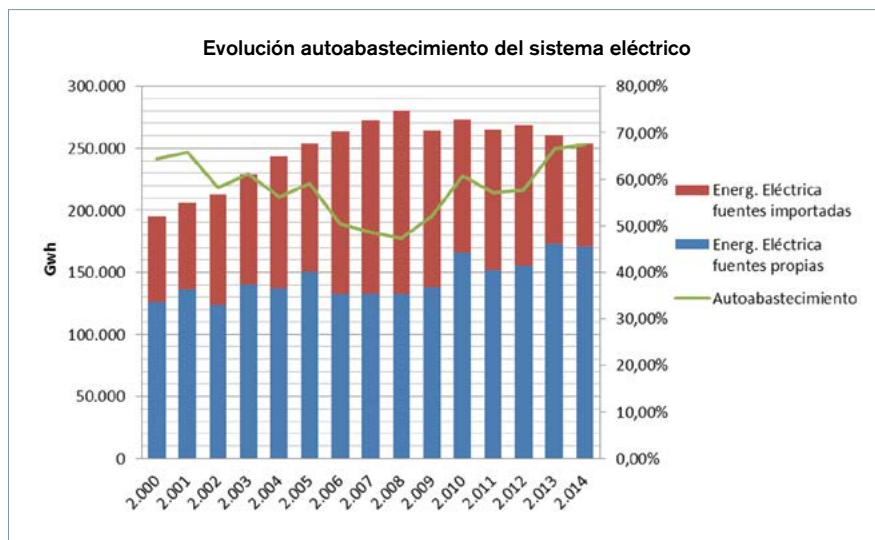


Figura 13. Evolución del autoabastecimiento del sistema eléctrico de los últimos 15 años (2000-2014). Fuente: REE, Minetur y elaboración propia.

**Conclusiones**

Este estudio presenta el análisis exhaustivo de cada uno de los cuatro factores que definen el sistema eléctrico y que deberían estar en equilibrio, que son la calidad y seguridad de suministro, que sea limpio y bajo en emisiones, que tenga un precio competitivo y, por supuesto, que sea lo más autoabastecido posible.

Los resultados del análisis, tal como se ha podido comprobar, nos indican que no solo se trata de un sistema desequilibrado como se puede ver en la figura 14, sino que tal como está concebido, resulta inviable su continuidad, y si no fuese por las aportaciones de los Presupuestos Generales del Estado y otras medidas para financiar el sistema, seguiría generando déficit año tras año.

Por tanto, nos encontramos ante un sistema sobredimensionado e infrautilizado, muy caro pero muy seguro, que ha mejorado mucho respecto a las emisiones y al autoabastecimiento, pero sin ninguna duda, el hecho más preocupante es que no existe una planificación adecuada con un horizonte temporal a medio-largo plazo que pueda ir corrigiendo los enormes desequilibrios que presenta el sistema actual.

Con ello queremos decir que se hace muy necesario el plantear las oportunas reformas no solo al sistema eléctrico como tal, sino también del modelo de consumo energético global, que sigue estando muy basado en el consumo de combustibles fósiles y, por tanto, además de caro y contaminante, nos produce una elevada dependencia energética del exterior con los consiguientes perjuicios para nuestra economía global e individual.

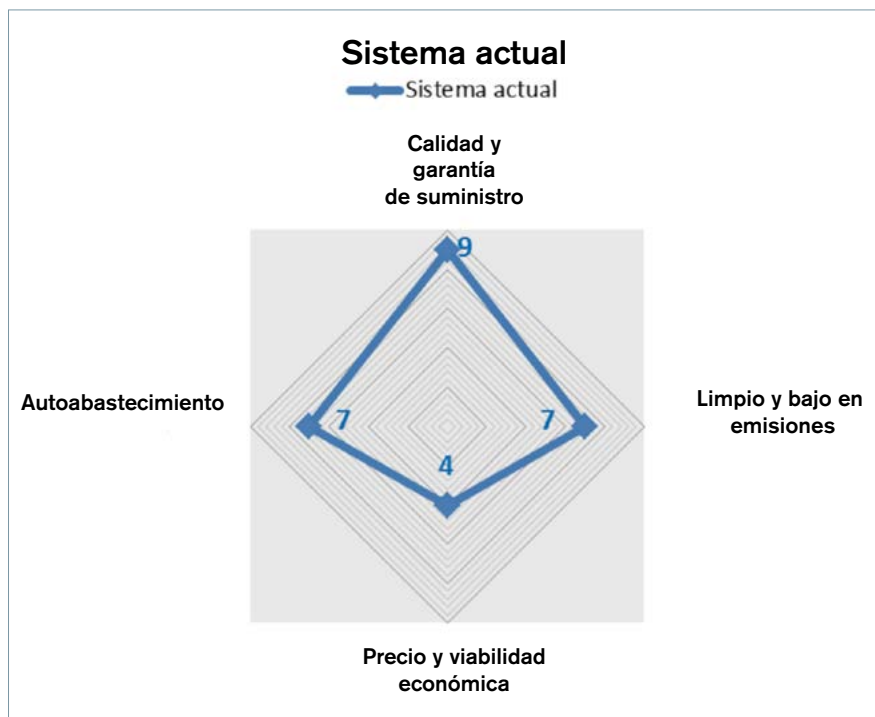


Figura 14. Diagrama de equilibrio sistema actual. Fuente: Elaboración propia.



Por ello, debemos poner en marcha las reformas oportunas que nos permitan cambiar nuestro modelo de consumo energético, que pasará de forma inexorable por el mayor consumo de fuentes propias de energía (fotovoltaica, eólica, etc.) y, en consecuencia, aumentar nuestro consumo eléctrico para optimizar el sistema. Y todo ello, en detrimento de los combustibles fósiles y otras fuentes de energía contaminantes y que necesitamos importar.

#### Bibliografía

- Cámara, Á., Santero, R., Martínez, M. I., & Jiménez, J. (2016). Impacto del desarrollo de tecnologías de captura, transporte y almacenamiento de CO<sub>2</sub> en el sector eléctrico. *Revista de Economía Aplicada*, 24(72).
- Campi, M. T. C. (2016). Evolución del sector eléctrico español (1975-2015). *Información Comercial Española, ICE: Revista de economía*, (889), 139-156.
- CNMC. Cálculo del importe pendiente de cobro a 31 de diciembre de 2014, de los derechos de cobro cedidos al fondo de titulación del déficit del sistema eléctrico (FADE) [https://www.cnmc.es/sites/default/files/1296407\\_7.pdf](https://www.cnmc.es/sites/default/files/1296407_7.pdf)
- CNMC. Liquidaciones del sector eléctrico. <https://www.cnmc.es/ambitos-de-actuacion/energia/liquidaciones-y-regimen-economico>
- Escribano, G. (2006). Seguridad Energética: concepto, escenarios e implicaciones para España y la UE. *Boletín Elcano*, (87), 21.
- Eurostat. Datos energéticos. <http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/database>
- Galdón, J. A., Soucase, B. M., & Prades, I. G. (2016). La dependencia energética en España por sectores y su impacto económico. *Técnica Industrial*, (314), 46-55.
- García-Álvarez, M. T., & Moreno, B. (2016). La liberalización en la industria eléctrica española. El reto de lograr precios competitivos para los hogares. *Gestión y política pública*, 25(2), 551-589.
- Guaita-Pradas I, Bartual-San Feliu I, Marí Soucase B. (2015). "Profitability and sustainability of photovoltaic energy plants in Spain" *Int. J. Sustainable Economy*, Vol.7-3 p.169-185. (DOI: <http://dx.doi.org/10.1504/IJSE.2015.071141>)
- IDAE. Estudios, Informes y Estadísticas. <http://www.idae.es/index.php/idpag.802/recategoria.1368/relemenu.363/mod.pags/mem.detalle>
- Iranzo-Martín JE, Colinas-González M. "La energía en España: un reto estratégico". *Información Comercial Española, ICE: Revista de economía*, 2008, N.º. 842 p.141-156.
- Marín, J. M., & Escribano, G. (2010). El Plan Solar Mediterráneo y la integración energética Euro-mediterránea. *Revista de Economía Industrial*, (377).
- MINETAD. Plan de desarrollo de la red de transporte de energía eléctrica 2015-2020. <http://www.minetad.gob.es/energia/planificacion/Planificacionelectricidadygases/desarrollo2015-2020/Paginas/desarrollo.aspx>
- Minetur. Libros de la Energía de los años 2001 a 2014. <http://www.minetur.gob.es/energia/balances/Balances/Paginas/Balances.aspx>
- Red Eléctrica. Estadísticas del sistema eléctrico. <http://www.ree.es/es/estadisticas-del-sistema-electrico-espanol/indicadores-nacionales/series-estadisticas#>
- Galbete, Santiago. Tesis doctoral: <http://www.alinne.es/documents/17669/20114Viabilidad+suministro+el%C3%A9ctrico+100%25.pdf>
- Silva, F. B., Cruz, S. B., & Diaz, A. L. (2013). La reforma eléctrica pendiente: propuesta para una solución de compromiso entre electricidad verde y amortización del déficit tarifario/the electricity reform pending: proposal for a compromise solution between green electricity and the amortization of deficit of tariff. *Boletín de estudios económicos*, 68(209), 317.

#### Legislación

- Texto refundido de la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del sector eléctrico. (derogada)
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Texto refundido de la Ley 17/2007, de 4 de julio, por la que se modifica la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, para adaptarla a lo dispuesto en la Directiva 2003/54/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2003, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad.
- Real Decreto 485/2009, de 3 de abril, por el que se regula la puesta en marcha del suministro de último recurso en el sector de la energía eléctrica.
- Real Decreto-ley 6/2009, de 30 de abril, por el que se adoptan determinadas medidas en el sector energético y se aprueba el bono social.
- Real Decreto-Ley 13/2012, de 30 de marzo, por el que se transponen directivas en materia de mercados interiores de electricidad y gas y en materia de comunicaciones electrónicas, y por el que se adoptan medidas para la corrección de las desviaciones por desajustes entre los costes e ingresos de los sectores eléctrico y gasista.
- Ley 15/2012, de 27 de diciembre, de medidas fiscales para la sostenibilidad energética.
- Real Decreto-Ley 2/2013, de 1 de febrero, de medidas urgentes en el sistema eléctrico y en el sector financiero..
- Texto refundido de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 216/2014, de 28 de marzo, por el que se establece la metodología de cálculo de los precios voluntarios para el pequeño consumidor de energía eléctrica y su régimen jurídico de contratación.
- Real Decreto 1074/2014, de 19 de diciembre, por el que se modifican el Reglamento de los Impuestos Especiales, aprobado por el Real Decreto 1165/1995, de 7 de julio, el Reglamento del Impuesto sobre los Gases Fluorados de Efecto Invernadero, aprobado por el Real Decreto 1042/2013, de 27 de diciembre, y el Reglamento del Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas, aprobado por el Real Decreto 439/2007, de 30 de marzo.
- Real Decreto 1054/2014, de 12 de diciembre, por el que se regula el procedimiento de cesión de los derechos de cobro del déficit del sistema eléctrico de cálculo del tipo de interés que devengarán los derechos de cobro de dicho déficit y, en su caso, de los desajustes temporales negativos posteriores.
- Texto refundido del Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Texto refundido del Real Decreto 216/2014, de 28 de marzo, por el que se establece la metodología de cálculo de los precios voluntarios para el pequeño consumidor de energía eléctrica y su régimen jurídico de contratación.

- Real Decreto 198/2015, de 23 de marzo, por el que se desarrolla el artículo 112 bis del texto refundido de la Ley de Aguas y se regula el canon por utilización de las aguas continentales para la producción de energía eléctrica en las demarcaciones intercomunitarias.
- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- Real Decreto 469/2016, de 18 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 216/2014, de 28 de marzo, por el que se establece la metodología de cálculo de los precios voluntarios para el pequeño consumidor de energía eléctrica y su régimen jurídico de contratación.
- Real Decreto 1074/2015, de 27 de noviembre, por el que se modifican distintas disposiciones en el sector eléctrico.
- Real Decreto 469/2016, de 18 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 216/2014, de 28 de marzo, por el que se establece la metodología de cálculo de los precios voluntarios para el pequeño consumidor de energía eléctrica y su régimen jurídico de contratación.
- Texto refundido Ley 38/1992, de 28 de diciembre, de Impuestos Especiales.(dic. 2016)
- Real Decreto 469/2016, de 18 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 216/2014, de 28 de marzo, por el que se establece la metodología de cálculo de los precios voluntarios para el pequeño consumidor de energía eléctrica y su régimen jurídico de contratación.
- Real Decreto 198/2015, de 23 de marzo, por el que se desarrolla el artículo 112 bis del texto refundido de la Ley de Aguas y se regula el canon por utilización de las aguas continentales para la producción de energía eléctrica en las demarcaciones intercomunitarias.
- Texto refundido del Real Decreto 1619/2012, de 30 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento por el que se regulan las obligaciones de facturación.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Real Decreto 1623/2011, de 14 de noviembre, por el que se regulan los efectos de la entrada en funcionamiento del enlace entre el sistema eléctrico peninsular y el balear, y se modifican otras disposiciones del sector eléctrico.
- Real Decreto 1544/2011, de 31 de octubre, por el que se establecen los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución que deben satisfacer los productores de energía eléctrica.
- Real Decreto 1307/2011, de 26 de septiembre, por el que se modifica el Real Decreto 437/2010, de 9 de abril, por el que se desarrolla la regulación del proceso de titulación del déficit del sistema eléctrico.
- Texto refundido del Real Decreto 647/2011, de 9 de mayo, por el que se regula la actividad de gestor de cargas del sistema para la realización de servicios de recarga energética.
- Real Decreto 302/2011, de 4 de marzo, por el que se regula la venta de productos a liquidar por diferencia de precios por determinadas instalaciones de régimen especial y la adquisición por los comercializadores de último recurso del sector eléctrico.
- Corrección de errores del Real Decreto 302/2011, de 4 de marzo, por el que se regula la venta de productos a liquidar por diferencia de precios por determinadas instalaciones de régimen especial y la adquisición por los comercializadores de último recurso del sector eléctrico.

- Real Decreto 1282/2010, de 15 de octubre, por el que se regulan los mercados secundarios oficiales de futuros, opciones y otros instrumentos financieros derivados.
- Texto refundido del Real Decreto 1221/2010, de 1 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 134/2010, de 12 de febrero, por el que se establece el procedimiento de resolución de restricciones por garantía de suministro y se modifica el Real Decreto 2019/1997, de 26 de diciembre, por el que se organiza y regula el mercado de producción de energía eléctrica.
- Real Decreto 1202/2010, de 24 de septiembre, por el que se establecen los plazos de revisión de los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.
- Real Decreto 1003/2010, de 5 de agosto, por el que se regula la liquidación de la prima equivalente a las instalaciones de producción de energía eléctrica de tecnología fotovoltaica en régimen especial.
- Real Decreto 437/2010, de 9 de abril, por el que se desarrolla la regulación del proceso de titulación del déficit del sistema eléctrico.
- Corrección de errores del Real Decreto 437/2010, de 9 de abril, por el que se desarrolla la regulación del proceso de titulación del déficit del sistema eléctrico.
- Real Decreto 198/2010, de 26 de febrero, por el que se adaptan determinadas disposiciones relativas al sector eléctrico a lo dispuesto en la Ley 25/2009, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio
- Texto refundido del Real Decreto 134/2010, de 12 de febrero, por el que se establece el procedimiento de resolución de restricciones por garantía de suministro y se modifica el Real Decreto 2019/1997, de 26 de diciembre, por el que se organiza y regula el mercado de producción de energía eléctrica.
- Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología
- Sentencia de 25 de mayo de 2010, de la Sala Tercera del Tribunal Supremo, por la que se declara la nulidad de los artículos 3.1 y 5 del Real Decreto 324/2008, de 29 de febrero, por el que se establecen las condiciones y el procedimiento de funcionamiento y participación en las emisiones primarias de energía eléctrica.
- Sentencia de 25 de mayo de 2010, de la Sala Tercera del Tribunal Supremo, por la que se declara la nulidad de los artículos 3.1 y 5 del Real Decreto 324/2008, de 29 de febrero, por el que se establecen las condiciones y el procedimiento de funcionamiento y participación en las emisiones primarias de energía eléctrica
- Real Decreto 324/2008, de 29 de febrero, por el que se establecen las condiciones y el procedimiento de funcionamiento y participación en las emisiones primarias de energía eléctrica
- Real Decreto 222/2008, de 15 de febrero, por el que se establece el régimen retributivo de la actividad de distribución de energía eléctrica
- Real Decreto 1767/2007, de 28 de diciembre, por el que se determinan los valores a aplicar en el año 2008 para la financiación de los costes correspondientes a la gestión de los residuos radiactivos y del combustible gastado, y al desmantelamiento y clausura de instalaciones
- Real Decreto 1261/2007, de 24 de septiembre, por el que se establece la prima al consumo de carbón autóctono para los años comprendidos entre 1999 y 2006
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto 871/2007, de 29 de junio, por el que se ajustan las tarifas eléctricas a partir del 1 de julio de 2007
- Orden IET/1344/2015, de 2 de julio, por la que se aprueban las instalaciones tipo y sus correspondientes parámetros retributivos, aplicables a determinadas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Orden IET/1345/2015, de 2 de julio, por la que se establece la metodología de actualización de la retribución a la operación de las instalaciones con régimen retributivo específico.
- Orden IET/2444/2014, de 19 de diciembre, por la que se determinan los peajes de acceso de energía eléctrica para 2015.
- Corrección de errores de la Orden IET/2444/2014, de 19 de diciembre, por la que se determinan los peajes de acceso de energía eléctrica para 2015.
- Orden IET/1045/2014, de 16 de junio, por la que se aprueban los parámetros retributivos de las instalaciones tipo aplicables a determinadas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Orden IET/107/2014, de 31 de enero, por la que se revisan los peajes de acceso de energía eléctrica para 2014.
- Orden AAA/351/2013, de 27 de febrero, sobre tarifas del área española del Registro de la Unión Europea en el marco de la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero.
- Orden IET/221/2013, de 14 de febrero, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2013 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial.
- Orden IET/843/2012, de 25 de abril, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de abril de 2012 y determinadas tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial.
- Orden IET/290/2012, de 16 de febrero, por la que se modifica la Orden ITC/3860/2007, de 28 de diciembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de enero de 2008 en lo relativo al plan de sustitución de contadores.
- Orden IET/3586/2011, de 30 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2012 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial.
- Corrección de errores de la Orden IET/3586/2011, de 30 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2012 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial.
- Orden ITC/3127/2011, de 17 de noviembre, por la que se regula el servicio de disponibilidad de potencia de los pagos por capacidad y se modifica el incentivo a la inversión a que hace referencia el anexo III de la Orden ITC/2794/2007, de 27 de septiembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de octubre de 2007.
- Orden ITC/2914/2011, de 27 de octubre, por la que se modifica la Orden ITC/1522/2007, de 24 de mayo, por la que se establece la regulación de la garantía del origen de la electricidad procedente de fuentes de energía renovables y de cogeneración de alta eficiencia.
- Orden ITC/2585/2011, de 29 de septiembre, por la que se revisan los peajes de acceso, se establecen los precios de los peajes de acceso supervalle y se actualizan determinadas tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial, a partir de 1 de octubre de 2011.
- Orden ITC/2452/2011, de 13 de septiembre, por la que se revisan determinadas tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial.
- Orden ITC/1068/2011, de 28 de abril, por la que se modifica la Orden ITC/3353/2010, de 28 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2011 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial.
- Corrección de erratas de la Orden ITC/688/2011, de 30 de marzo, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de abril de 2011 y determinadas tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial.
- Orden ITC/688/2011, de 30 de marzo, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de abril de 2011 y determinadas tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial.
- Orden ITC/3353/2010, de 28 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2011 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial.
- Orden ITC/619/2011, de 18 de marzo, por la que se corrigen errores de la Orden ITC/3353/2010, de 28 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2011 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial.
- Orden ITC/1732/2010, de 28 de junio, por la que se revisan los peajes de acceso a partir de 1 de julio de 2010 las tarifas y primas de determinadas instalaciones de régimen especial
- Texto refundido de la Orden ITC/1659/2009, de 22 de junio, por la que se establece el mecanismo de traspaso de clientes del mercado a tarifa al suministro de último recurso de energía eléctrica y el procedimiento de cálculo y estructura de las tarifas de último recurso de energía eléctrica
- Orden ITC/1549/2009, de 10 de junio, por la que se actualiza el anexo III de la Orden ITC/4112/2005, de 30 de diciembre, por la que se establece el régimen aplicable para la realización de intercambios intracomunitarios e internacionales de energía eléctrica.
- Orden ITC/1934/2008, de 3 de julio, por la que se regula la contratación a plazo de energía eléctrica por los distribuidores en el segundo semestre de 2008
- Texto refundido de la Orden ITC/3860/2007, de 28 de diciembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de enero de 2008.
- Texto refundido de la Orden ITC/2794/2007, de 27 de septiembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de octubre de 2007.
- Orden ITC/914/2006, de 30 de marzo, por la que se establece el método de cálculo de la retribución de garantía de potencia para las instalaciones de generación en régimen ordinario de los sistemas eléctricos insulares y extrapeninsulares
- Texto refundido de la Orden ITC 4112/2005, de 30 de diciembre, por la que se establece el régimen aplicable para la realización de intercambios intracomunitarios e internacionales de energía eléctrica.
- Orden de 17 de diciembre de 1998 por la que se modifica la de 29 de diciembre de 1997, que desarrolla algunos aspectos del Real Decreto 2019/1997, de 26 de diciembre, por el que se organiza y regula el mercado de producción de energía eléctrica.
- Orden de 14 de julio de 1998 por la que se establece el régimen jurídico aplicable a los agentes externos para la realización de intercambios intracomunitarios e internacionales de energía eléctrica.
- Orden de 29 de diciembre de 1997 por la que se desarrollan algunos aspectos del Real Decreto 2019/1997, de 26 de diciembre, por el que se organiza y regula en mercado de producción de energía eléctrica.

# Propuesta de equilibrio del sistema eléctrico español para 2030 y su impacto global

*Proposal for balance for the Spanish electrical system for 2030 and its global impact*

José Antonio Galdón Ruiz<sup>1</sup>, Inmaculada Guaita Pradas<sup>2</sup>, Bernabé Mari Soucase<sup>3</sup>

## Resumen

El sistema energético y, concretamente, el sector eléctrico requieren una correcta planificación en el tiempo que permita conseguir el equilibrio entre los factores principales que ha de cumplir, que son la fiabilidad y garantía de suministro, que sea limpio y bajo en emisiones, que sea económico y que tenga un alto índice de autoabastecimiento. Para su consecución es necesario introducir una serie de reformas que afectarán a nuestro modelo de consumo energético global y al sistema eléctrico en particular.

En este artículo se realizarán una serie de propuestas encaminadas a rentabilizar al máximo el sistema eléctrico proponiendo un mayor consumo frente a otras fuentes de energía, lo que disminuirá el precio de la parte regulada al repartirlo entre un mayor consumo y, a su vez, el exceso de energía eléctrica que se ha de producir se realice en su mayor parte a través de las fuentes de energía renovables y por tanto autoabastecidas. A través de la simulación realizada se podrá comprobar que es posible conseguir un equilibrio en el sistema eléctrico en una primera planificación hasta 2030 y, a su vez, se mejorará el balance energético global, reduciendo nuestra dependencia energética y, por tanto, nuestra factura energética exterior. Con todo ello, conseguiremos disminuir el precio de la energía eléctrica para el consumidor, consiguiendo, además, que sea más limpia y aumentando el grado de autoabastecimiento, por lo que los beneficios serán también globales tanto para la economía del país como para la sostenibilidad.

## Palabras clave

Sistema eléctrico, dependencia energética, fiabilidad y garantía de suministro, emisiones, precio de la energía eléctrica, déficit de tarifa.

## Abstract

*The energetic system and, moreover, the electrical sector need a correct planning in time to obtain the balance between the main factors that it has to achieve. They are reliability and security of supply, it has to be clean and low in emissions, and it has to be unexpensive and with a high index of self-supply. To implement it, it is necessary to introduce a number of proposals that will affect our model of energetic global consumption and, especially, the electrical system.*

*In this article a series of proposals will be explained focused on maximizing the value of the electrical system proposing a major consumption versus other sources of energy. This will decrease the price of the part regulated since it will share it in a higher consumption. Besides, the resulting excess of electric power will be made mainly through renewable energy sources and, therefore, self-supplied. Through this simulation it will be possible to verify that it is possible to obtain a balance in the electrical system in a first planning until 2030, and in turn, the global energy balance will be improved, reducing our energetic dependence and therefore our energy bill. In consequence, we will manage to reduce the price of the electrical energy for the consumer, and it will also be cleaner and the level of self-supply will be higher. Therefore, the benefits will also be global both for the economy of the country and for the sustainability.*

## Keywords

*Electric system, energy dependence, reliability and guarantee of supply, emissions, price of electrical energy, tariff deficit.*

Recibido / Received: 8.03.2017. Aceptado / Accepted: 15.03.2017

<sup>1</sup>Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño. Universitat Politècnica de València (ingaldon@gmail.com). <sup>2</sup>Departamento de Economía y Ciencias Sociales-INECO. Universitat Politècnica de València (iguaita@esp.upv.es). <sup>3</sup>Instituto de Diseño y Fabricación. Departamento de Física Aplicada. Universitat Politècnica de València (bmari@fis.upv.es).

Autor para correspondencia / Corresponding author: José Antonio Galdón Ruiz. Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño, Universitat Politècnica de València, Camí de Vera s/n, 46022 Valencia. ingaldon@gmail.com



Foto: Shutterstock

## Introducción

Que algo falla en nuestro sistema eléctrico es evidente, y que existe una conciencia social sobre dicho problema también lo es, pero lo que no se entiende es que no se trate de atajar de forma definitiva y ordenada, y se continúe con remiendos y parches alejados de la verdadera solución del problema.

Hemos podido ver en el artículo de Galdón JA, Soucause BM y Prades IG *Análisis del Sistema Eléctrico Español*, publicado en este mismo número cómo no solo existe un enorme desequilibrio entre los factores que han de definir el sistema eléctrico, sino que además tenemos un sistema muy caro e insostenible.

En este artículo vamos diseñar un modelo energético que permita equilibrar el sistema, haciéndolo más económico y sostenible, para lo que tendremos que aportar una serie de actuaciones que realizar con el horizonte puesto en 2030.

Estas propuestas pasarán de forma inexorable por tratar de optimizar el sistema eléctrico, para lo que será necesario consumir más energía eléctrica en detrimento de otras fuentes de energía procedentes de combustibles fósiles y potenciar la producción de

energía eléctrica a través de las fuentes renovables y, por tanto, con mayor capacidad de autoabastecimiento, evitando así gran parte de las importaciones energéticas.

Y para todo ello, se tendrá que tener siempre presente no solo que debemos seguir manteniendo los estándares de calidad y garantía de suministro que presenta nuestro sistema, sino también aspectos tan importantes en un Estado de derecho como son el respeto a la propiedad privada y a las inversiones de capital y, en consecuencia, nos alejaremos de modelos basados en el 100% renovable o el desmantelamiento total de lo existente. De lo que se trata es de rentabilizar al máximo el sistema actual, introduciendo de forma paulatina y sostenida en el tiempo las reformas necesarias que permitan amortizar las instalaciones de producción de energía existentes para ir sustituyéndolas de forma ordenada por las fuentes de energía renovables, que cada vez son mucho más rentables, eficientes y baratas.

De esta forma, y a través de la simulación de las diferentes medidas de cambio de modelo en el consumo energético que se van a proponer con el horizonte en 2030, se comprobará como con un mayor consumo eléctrico

y una mayor implantación de las fuentes de energía renovable, se conseguirá rentabilizar al máximo la capacidad del sistema y, por tanto, disminuir el precio de la energía eléctrica sin que se vean afectados el resto de factores y consiguiendo, así, el equilibrio que tiene que presentar.

## Propuestas

Partiendo de la base de que en la actualidad tenemos un sistema eléctrico sobredimensionado y muy fiable que ha mejorado respecto a las emisiones y a la dependencia energética desde que se incorporaron en mayor medida las energías renovables, aunque sigue resultando muy caro e insostenible, tendremos que buscar la fórmula que pueda permitirnos encontrar la solución adecuada para armonizar el sistema eléctrico en particular y que contribuyan de manera positiva en el sistema energético global.

Para ello, no pretendemos acabar con lo que hay y comenzar de nuevo, como se ha podido ver en otros estudios, sino que trataremos de aprovechar al máximo las oportunidades que ofrece el sistema actual, para tratar de seguir amortizando las instalaciones de generación existentes, pero inte-

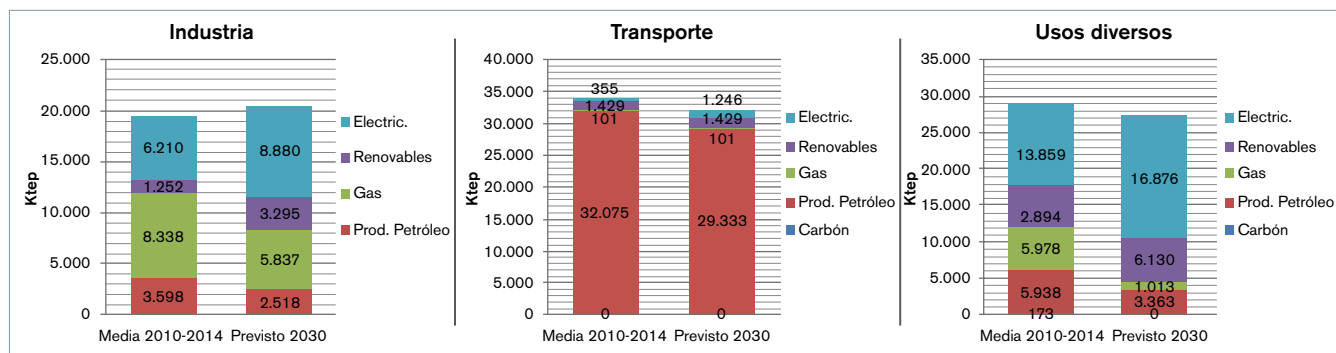


Figura 1. Simulación de consumos de energía por sectores comparando la media de 2010-2014 con la calculada para 2030 aplicando las medidas. Fuente: Elaboración propia.

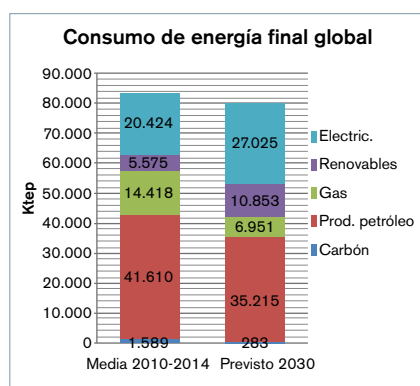


Figura 2. Simulación de consumos de energía final comparando la media de 2010-2014 con la calculada para 2030 aplicando las medidas. Fuente: Elaboración propia.

grando otras nuevas que nos permitan mejorarlo.

Partimos del punto más débil de nuestro sistema, como es el aspecto económico, ya que nos encontramos con uno de los precios más caros por kWh de Europa, donde los costes regulados del sistema han subido casi el 80% en los últimos 7 años y, además, se ha generado un enorme déficit tarifario que tendremos que seguir pagando durante muchos años. Pues bien, en esos costes regulados lo que se está pagando es el coste global del sistema eléctrico, que como ya hemos dicho está sobredimensionado y, además, se incluyen las primas a las energías renovables y otras políticas energéticas, etc., que no son directamente proporcionales al consumo de kWh, sino que lo son de forma unitaria y por contrato de suministro.

Por ello y aplicando la lógica, la única fórmula sin recortar la estructura del sistema actual con la que se podrían bajar dichos costes sería optimizando su utilización, es decir, consumiendo más energía eléctrica, algo

que para casi todos y sin la correspondiente explicación que realizaremos a continuación podría considerarse una auténtica locura.

Y es que lo que pretendemos es que ese aumento de consumo de energía eléctrica provenga de la sustitución del consumo de derivados del petróleo y de gas, con lo que conseguiremos, además, reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, mejorar nuestra dependencia energética y, en consecuencia, nuestra balanza de pagos con el exterior y el consiguiente ahorro económico.

Sin embargo, además de sustituir los derivados del petróleo y gas por electricidad, también se propone utilizar fuentes de energía renovables, lo que potenciará aún más los beneficiosos efectos para nuestro sistema energético global.

Todo ello se deberá realizar de forma gradual. Y, para tal efecto, se proponen las siguientes medidas en función de cada uno de los grandes sectores, que, como se puede comprobar, no resultan demasiado ambiciosas y podrían conseguirse en el periodo fijado hasta el año 2030:

1º. En el sector industrial:

–Sustituir el 60% del consumo de carbón por biomasa y otro 20% por energía eléctrica.

–Sustituir el 10% el consumo de productos petrolíferos por biomasa y el 20% por energía eléctrica.

–Sustituir el 10% el consumo de gas por biomasa y el 20% por energía eléctrica.

2º. En el sector del transporte:

–Sustituyendo el 10% del consumo de gasóleos y gasolinas del transporte por carretera, por electricidad, mediante la incorporación del coche eléctrico y electrificando el 50% del ferrocarril.

3º. En el sector de usos diversos:

–Eliminar el uso del carbón en el subsector residencial por el 50% de solar térmica y otro 50% de energía eléctrica.

–Sustituir el 30% del consumo de productos petrolíferos en los subsectores residencial, comercio, servicios, Administraciones públicas y otros, por el de solar térmica y otro 30% por energía eléctrica.

–Sustituir el 30% del consumo de gas en los subsectores residencial, comercio, servicios, Administraciones públicas y otros, por el de solar térmica y otro 30% por energía eléctrica.

Para la realización de la simulación, consideramos que el posible aumento de consumo energético se vería neutralizado con las medidas de eficiencia energética, por lo que en realidad se considerará el consumo medio realizado entre los años 2010 y 2014. Los resultados con las propuestas arriba indicadas se pueden ver en la figura 1, donde para cada uno de los tres grandes sectores de consumo, se presenta la comparativa del consumo de energía final medio en los años 2010-2014 de las diferentes fuentes y el que resultaría en el año 2030.

Y en la figura 2, veremos una gráfica muy significativa de cuál sería el consumo de energía final total previsto para 2030 en comparación con la media de los últimos cinco años desde 2014 para atrás, comprobando como se reduciría sensiblemente el consumo de productos petrolíferos, gas y carbón, en detrimento de las energías renovables y la electricidad.

Una vez visto lo anterior, y pasando nuevamente al sistema eléctrico, podemos ver como aumentará nuestro consumo eléctrico en 6.601 ktep anuales, que se corresponderían con 79.912

	2015		prevista 2020				prevista 2025				prevista 2030			
	Prod. Eléctrica GWh	Pot. Instalada MW	Prod. Eléctrica GWh	diferencia 2020-2015	Pot. Instalada MW	diferencia 2020-2015	Prod. Eléctrica GWh	diferencia 2025-2015	Pot. Instalada MW	diferencia 2025-2015	Prod. Eléctrica GWh	diferencia 2030-2015	Pot. Instalada MW	diferencia 2030-2015
Hidráulica (1)	30.245	18.216	30.245	0	18.216	0	30.245	0	18.216	0	30.245	0	18.216	0
Nuclear (2)	57.000	7.573	57.000	0	7.573	0	57.000	0	7.573	0	57.000	0	7.573	0
Carbón	40.124	10.468	35.083	-5.041	10.468	0	30.041	-10.083	10.468	0	25.000	-15.124	10.468	0
Fuel + Gas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ciclo combinado	23.316	24.948	33.210	9.894	24.948	0	43.105	19.790	24.948	0	53.000	29.684	24.948	0
Régimen ordinario	150.688,23	61.204	155.542	4.853	61.204	0	160.395	9.707	61.204	0	165.248	14.560	61.204	0
Hidráulica (1)	5.000	2.108	5.000	0	2.108	0	5.000	0	2.108	0	5.000	0	2.108	0
Eólica (3)	53.095	23.618	65.397	12.302	27.512	3.894	77.698	24.603	31.406	7.788	90.000	36.305	35.300	11.682
Solar fotovoltaica(4)	9.190	4.974	16.127	6.937	7.830	2.856	23.053	13.873	10.687	5.713	30.000	20.810	13.543	8.569
Solar térmica	5.274	2.388	6.849	1.575	2.828	441	8.425	3.151	3.269	881	10.000	4.726	3.710	1.322
Térmica renovable	4.796	987	4.824	88	1.006	18	4.912	176	1.024	37	5.000	264	1.042	55
Térmica no renovable (4)	25.621	7.105	25.747	126	7.140	35	25.874	253	7.175	70	26.000	375	7.210	105
Residuos	5.000	1.796	5.000	0	1.796	0	5.000	0	1.796	0	5.000	0	1.796	0
Régimen especial	107.915,38	42.976	128.944	21.028	50.221	7.244	149.972	42.056	57.465	14.489	171.000	63.085	64.709	21.733
Total	258.603,61	104.180	284.485	25.882	111.425	7.244	310.367	51.763	118.669	14.489	336.248	77.645	125.914	21.733

(1) Se considera la media de producción de los últimos 15 años (2000-2014) y la potencia instalada de 2015.  
 (2) Se considera la media de producción de los últimos 15 años y se considera alargar la vida hasta los 60 años.  
 (3) Se consideran los valores de producción medios de los últimos 5 años y se supone una mejora de rendimiento del 15% en el año 2030 respecto a la potencia instalada.  
 (4) Se consideran los valores de producción medios de los últimos 5 años y se supone una mejora de rendimiento del 25% en el año 2030 respecto a la potencia instalada.

Tabla 1. Simulación del sistema eléctrico (2015-2030). Fuente: Elaboración propia.

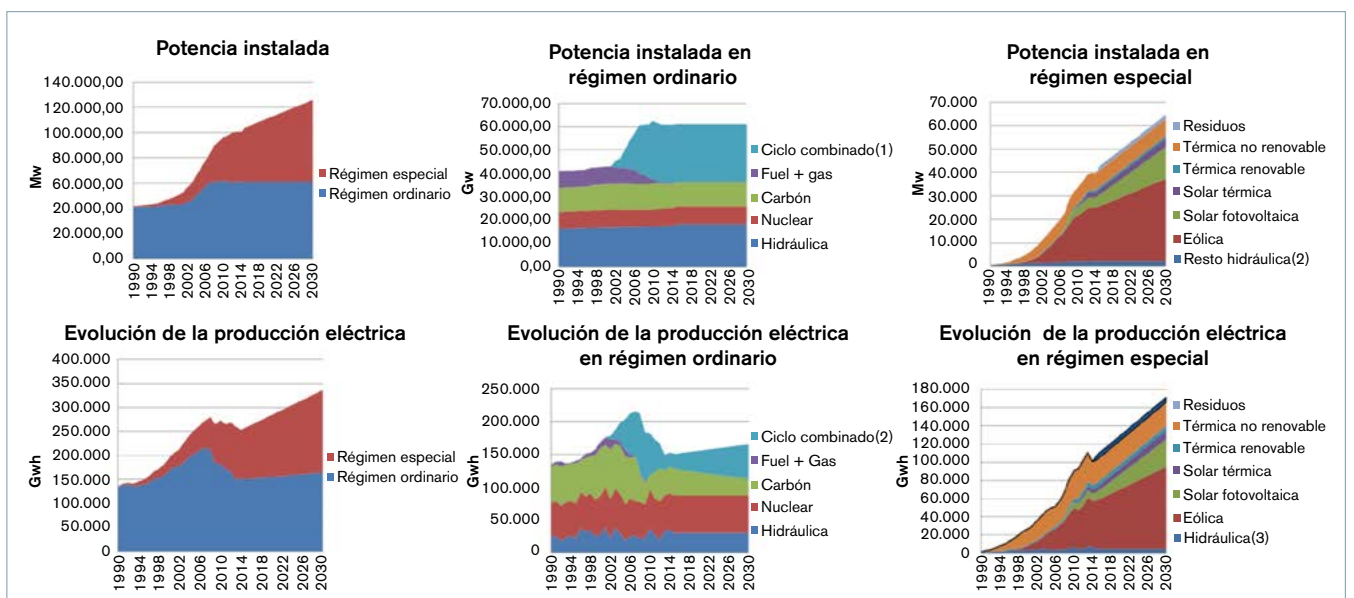


Figura 3. Simulación de la evolución del mix de producción eléctrica (1990-2030). Fuente: Elaboración propia.

GWh, y que por tanto tendremos que producir.

Considerando la media de las pérdidas de los últimos 15 años (7%) y la media de la producción peninsular demandada durante los últimos 5 años, tendríamos que producir 336.000 GWh.

Para ello, utilizaremos todos los datos de los que disponemos del sistema eléctrico, y realizaremos un mix de generación que sea viable tanto para atender la demanda global, como las puntas de consumo y, por tanto, considerando la disponibilidad de cada una de las fuentes y, como dijimos al principio, sin prescindir de ninguna de ellas, pero optimizando la utilización de fuentes renovables y limpias, según los siguientes criterios:

–Consideramos la energía hidráulica producida la media durante los últimos 15 años (2000-2014), sin tener en cuenta ninguna nueva ampliación dada la escasa capacidad para la misma, pero considerando su potencial como reserva estratégica y acumulación energética.

–Consideramos la energía nuclear producida como la media durante los últimos 15 años (2000-2014) que deberíamos seguir utilizando dada su casi total amortización y bajo coste, además de las nulas emisiones de CO<sub>2</sub> y la importancia que la misma tiene para la estabilidad del sistema.

–Se reduciría más del 50% la producción de energía eléctrica proveniente de centrales de carbón durante los últimos

15 años (2000-2014) pasando de 54.688 GWh a 25.000 GWh. Se seguirían utilizando para atender los picos de demanda, pero se trataría de reducir al máximo dado su alto nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> y su alta dependencia ya que en la actualidad importamos más del 80% del carbón que consumimos.

–Se aumentaría la producción media durante estos últimos 15 años de la energía eléctrica proveniente de los ciclos combinados de gas, pasando de 39.047 GWh a 53.000 GWh. Se trataría de rentabilizar un poco más este tipo de centrales que producen menos emisiones y que, además, llevan poco tiempo instaladas y pueden tener un papel importantísimo para cubrir los picos de demanda.

–Multiplicaríamos casi por dos la energía producida por los parques eólicos, gracias a la sustitución paulatina de los generadores más antiguos instalados (0,5 GW) por los nuevos de los que ya hay prototipos de hasta 7 MW. (Se deberían instalar unos 800 MW eólicos por año hasta 2030, algo totalmente viable como se indica en la tesis doctoral.)

–Se tendría que multiplicar casi por 4 la energía eléctrica generada por energía solar fotovoltaica, aprovechando los rendimientos actuales de casi el 40% de la radiación y el enorme descenso de los precios de instalación de la misma. (Se calcula una potencia instalada anual de 580 MW considerando un aumento del rendimiento del 25% respecto a la media de los últimos años.)

Según lo anterior, y realizando la implantación paulatinamente tendríamos la siguiente evolución del mix eléctrico reflejada por periodos de 5 años que se presenta en la tabla 4, y la figura 3.

### Simulación de los 4 factores con las propuestas

Con el mix eléctrico propuesto, vamos a realizar en los siguientes puntos las simulaciones precisas para comprobar el equilibrio entre los cuatro factores que ha de cumplir el sistema eléctrico, es decir, la capacidad y garantía de suministro, que sea limpio y bajo en emisiones, que tenga bajo precio y que presente un alto grado de autoabastecimiento.

#### Capacidad y garantía de suministro

Comenzamos con la capacidad y garantía de suministro, para lo cual en la figura 4 se muestra cómo evolucionan de forma gradual tanto la energía eléctrica generada como la potencia instalada, y comprobamos, por tanto, que se trata de un mix muy conservador y seguro, dado que se mantiene en el entorno del 30% de utilización y, en consecuencia, tiene mucha más capacidad de producción que podría ser utilizada en los momentos esporádicos. Esta es una característica esencial en un mix eléctrico y, por ello, nos hemos querido alejar de las soluciones y propuestas más radicales sobre la composición del mix, manteniendo la parte de generación que permite regulación, pero implantando paulatinamente fuentes de

energía renovables contrastadas como la eólica y la solar.

Otro aspecto importante que comprobar es la posibilidad del sistema de producción de atender los picos de demanda, teniendo en cuenta todos los factores adversos que se pueden dar, y para ello se ha hecho una simulación basada en los datos de los años anteriores en función de la potencia instalada y la potencia consumida y, por supuesto, utilizando los índices de disponibilidad de cada una de las fuentes de energía para calcular el índice de cobertura. Por ello en la figura 5 comprobamos cómo a la vez que aumenta la máxima potencia horaria demandada, disminuye la potencia disponible al incorporar las renovables, lo que hace que el índice de cobertura vaya disminuyendo a lo largo de los años, pero siga estando en el año 2030 en 1,20 y por encima de 1,10, que es el valor de referencia que se quiere conseguir.

#### Red de transporte

No serán necesarias grandes inversiones en la red de transporte y distribución, salvo las propias que se han venido desarrollando hasta la fecha, ya que según el informe de REE correspondiente al año 2014, las redes tienen una capacidad de transporte y transformación el 45% superior a la actualmente utilizada, por lo que si nuestra propuesta aumenta solo el 30% la energía transportada y transformada por las redes en 16 años, solo sería preciso realizar las infraestructuras propias de conexión y transformación de las nuevas centrales eólicas y solares propuestas.

#### Indicadores de calidad

Es muy difícil realizar una simulación para los indicadores de calidad, pero todo hace indicar que con la mejora continua de las tecnologías y la enorme capacidad de la red, se mantendrán o superarán los estándares de calidad que presenta la red en la actualidad, y que quedan reflejados en el artículo *Análisis del Sistema Eléctrico Español*, de Galdón JA, Soucase BM y Prades IG de este mismo número de la revista.

#### Redes de interconexión con otros países

En cuanto a las redes de interconexión, sí que será preciso que se consiga el objetivo del 10% de la capaci-

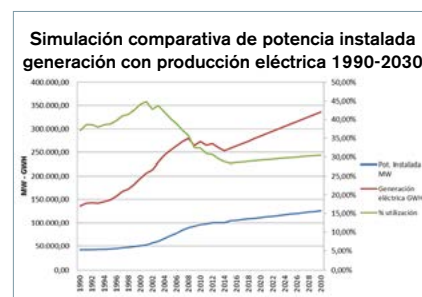


Figura 4. Simulación de la evolución de la potencia instalada, la generación de energía eléctrica y porcentaje de utilización hasta 2030. Fuente: Elaboración propia.

dad de potencia en las interconexiones energéticas, porque ello mejoraría muchísimo la flexibilidad del sistema eléctrico y nos permitiría no solo tener mayor capacidad y estabilidad de suministro, sino también colocarnos en situación para la implantación del mercado interior de la electricidad en Europa y conseguir, por tanto, un mercado eléctrico más competitivo. En la tabla 5, se muestra la previsión de la potencia de interconexión que entendemos que se debería alcanzar para el año 2030, que si bien sigue sin cumplir los parámetros fijados, puede resultar un poco más realista conforme a lo realizado en este asunto durante los últimos años.

#### Bajo en emisiones

Como se puede observar en la figura 6 y a través de la simulación de las producciones de energía eléctrica realizadas aplicando las emisiones para cada una de las fuentes energéticas, comprobamos que el sistema, pese a estar generando más energía eléctrica, disminuiría tanto las emisiones globales, como las emisiones unitarias por GWh, dado que pasa de 237,72 Tn de CO<sub>2</sub>/GWh a 165 Tn CO<sub>2</sub>/GWh, es decir, disminuye en un 30,5% las emisiones actuales.

#### Precio

##### Simulación de costes de la parte liberalizada (producción eléctrica) y regulada

Dado que puede resultar un atrevimiento realizar cualquier tipo de predicción sobre el precio de producción de la energía, no solo por la volatilidad de los precios de los combustibles, sino por la infinidad de variables que afectan al precio final del mercado, y dado que tenemos la misma situación para la simulación de los cálculos de los cos-

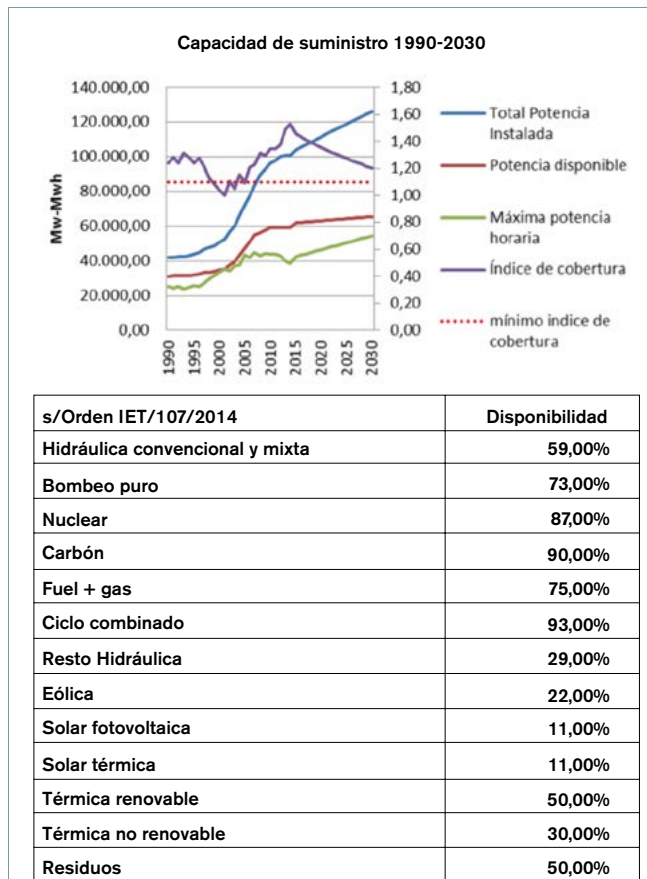


Figura 5. Simulación de la capacidad de suministro e índice de cobertura hasta 2030. Fuente: Elaboración propia.

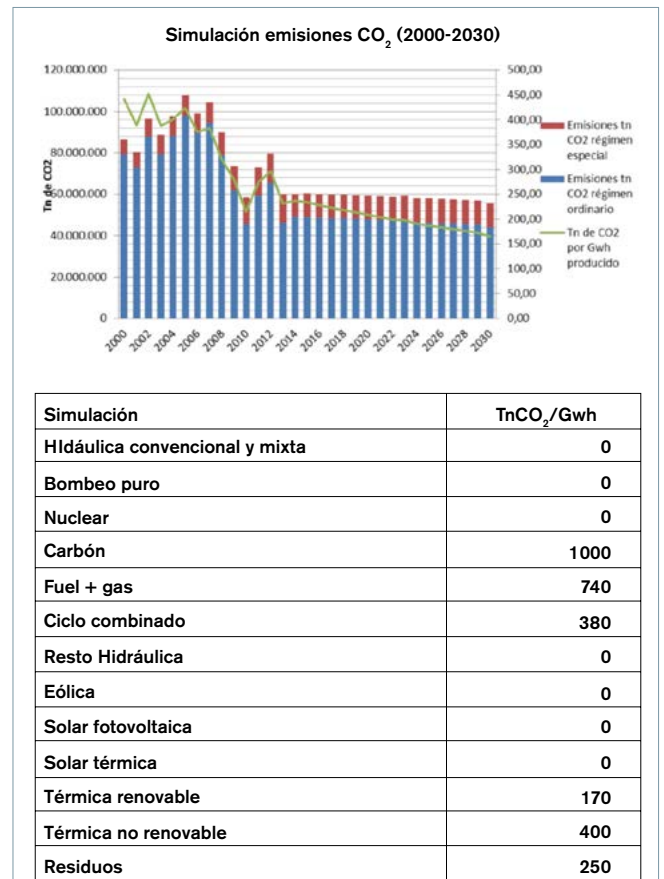


Figura 6. Simulación evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> del sistema eléctrico hasta 2030. Fuente: Elaboración propia.

tes del sistema por el caos regulatorio que afecta al mismo, en este punto solo aplicaremos la lógica y el sentido común. Esto nos lleva a pensar que si el sistema está sobredimensionado y tiene mucha más capacidad de la que utiliza, hay que tratar de rentabilizarlo, y eso se consigue produciendo y consumiendo más, por lo que los costes unitarios descenderían en función de ese reparto de los costes.

Por ello, realizaremos una simulación partiendo de los costes del sistema del año 2014, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

–No se aumentarán las primas a las renovables, dado que las nuevas instalaciones ya son rentables a precios de

mercado como en nuestro caso, en que lo vamos a fijar en 60,18 €/MWh.

–Aunque irá disminuyendo paulatinamente la deuda del sistema y, por tanto, el coste la misma, no se tendrá en cuenta en la simulación, de tal forma que pudiese compensarse con unos mayores costes en el transporte y la distribución.

–Consideraremos el precio de producción más caro de la energía en los últimos 5 años, es decir, el correspondiente al año 2011, que se situó en 60,18 €/MWh, aunque en 2014 fue de 55 €/MWh.

Y según las premisas anteriores, tendremos los siguientes resultados que se pueden apreciar en la figura 7,

el descenso paulatino de los costes regulados, que llega a ser del 24,5% respecto del año 2014.

Y teniendo en cuenta que estamos utilizando un precio medio de producción de energía de 60,18€/MWh para la simulación entre los años 2015 y 2030, también podemos comprobar que el precio del MWh disminuye casi el 10% respecto al precio marcado en 2014, pero más del 18% respecto al marcado en el año 2013, por lo que estaríamos ante un sistema mucho más económico (figura 8).

**Simulación precios finales al consumidor**

Conforme a los datos anteriores y extrapolando los peajes de acceso asigna-

Pot. Instalada generación	2015			2030		
	102.155,67	MW	%	125.913,65	MW	%
España-Francia	2.800,00	MW	1,39%	8.400,00	MW	6,67%
España-Portugal	3.000,00	MW	2,98%	6.000,00	MW	4,76%
España-Marruecos	900,00	MW	0,89%	1.800,00	MW	0,14%

Tabla 2. Simulación capacidad de interconexión del sistema eléctrico peninsular. Fuente: Elaboración propia.



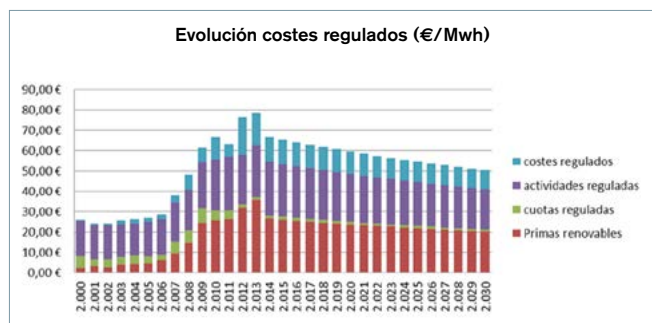


Figura 7. Simulación de los costes regulados del sistema eléctrico hasta 2030. Fuente: Elaboración propia.

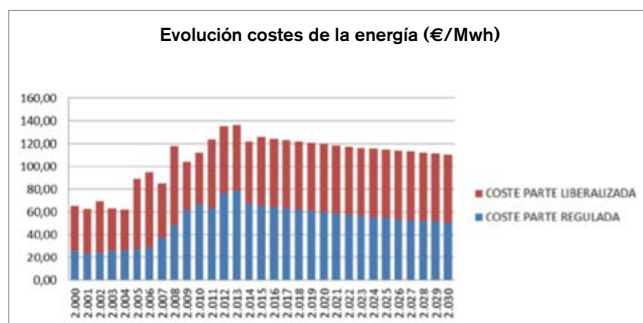


Figura 8. Simulación de los costes de energía hasta 2030. Fuente: Elaboración propia.

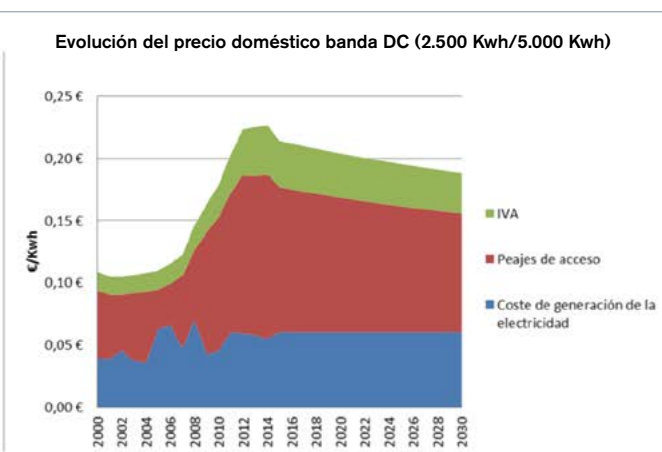
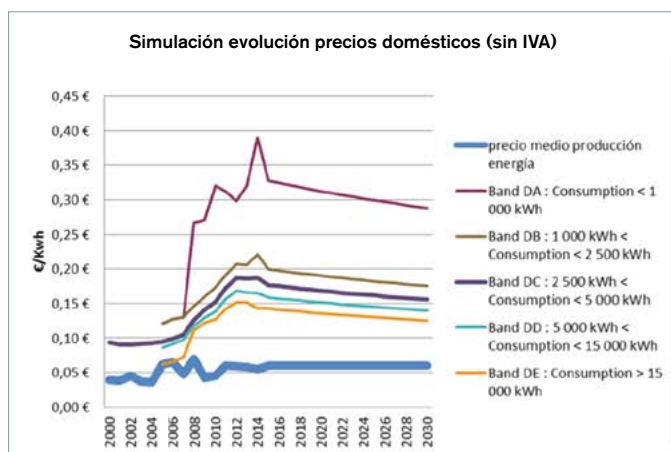


Figura 9. Simulación evolución de los precios eléctricos domésticos hasta 2030 y específico de la banda tipo DC. Fuente: Elaboración propia.

dos a cada una de las bandas de energía que se han analizado, obtendríamos la figura 9, en la que se puede ver la evolución que sufrirían los precios domésticos y, concretamente, la banda del consumidor tipo DC con consumos entre 2.500 y 5.000 KWh, y comprobamos que para 2030 se produciría una bajada del 12% respecto al precio marcado en 2014.

De forma similar, se realiza la simulación de los precios industriales que se puede ver en la figura 10, y observamos también que el ahorro para los consumidores industriales tipo de 20.000 a 70.000 KWh es del 10% respecto al marcado en el año 2014, lo que influiría muy positivamente en la competitividad de nuestras industrias.

#### Autoabastecimiento

Respecto al autoabastecimiento del sistema eléctrico, y dado que se incorpora más producción renovable, comprobaremos en la figura 11 como para el año 2030 tendremos un sistema autoabastecido al 70%, por lo que se evitará gran cantidad de importación de productos energéticos, no solo para el

sistema eléctrico, sino para el conjunto del sistema energético.

#### Comparativa

Si comparamos el modelo actual con el modelo propuesto y analizamos cada uno de los cuatro factores que definen el sistema eléctrico y que han de estar equilibrados para su viabilidad, obtendríamos la figura 12, en la que se observa que mientras que el sistema actual presenta una valoración irregular dado que se trata de un sistema muy seguro y fiable (9), limpio y bajo en emisiones (7), autoabastecido en un alto porcentaje (7), pero tremendamente caro e insostenible (4), el sistema propuesto alcanzaría un nivel alto y similar en todos los factores (8), lo que nos daría el pretendido equilibrio que necesitamos, para posteriormente seguir mejorándolo hasta conseguir el 10 en todos ellos.

#### Repercusiones sobre el sistema energético nacional

Además de todo lo anterior, si se consiguiesen los objetivos marcados en las propuestas citadas en el punto 3,

obtendríamos también numerosos beneficios en el sistema energético nacional, y que serán los siguientes:

#### Reducción de las emisiones globales de CO<sub>2</sub>

Según todas las propuestas del punto 3, se pretende sustituir el consumo de combustibles fósiles (carbón, gas y petróleo) y, por tanto, con altas emisiones de CO<sub>2</sub>, por otras fuentes renovables y energía eléctrica con muchas menos emisiones, por lo que podemos ver la evolución de las emisiones para cada uno de los sectores en las figuras 13 y 14.

#### Reducción de la dependencia energética final global.

Tal como podemos ver en la figura 15, comprobamos como aplicando las medidas propuestas, se reduce de forma considerable la dependencia energética de los diferentes sectores de consumo, y la industria pasa del 74,46% de dependencia en los años 2010-2014 al 42,74% en 2030, el transporte del 95,21% al 86,77%, y la que más se reduce, casi el 40%, es la del sector de

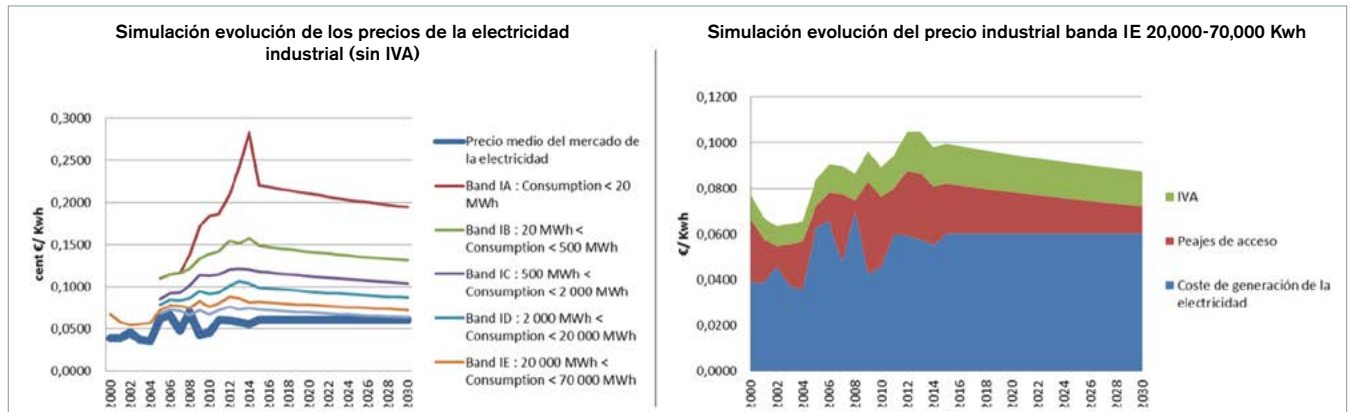


Figura 10. Simulación evolución de los precios eléctricos industriales hasta 2030 y específico de la banda tipo DC. Fuente: Elaboración propia.

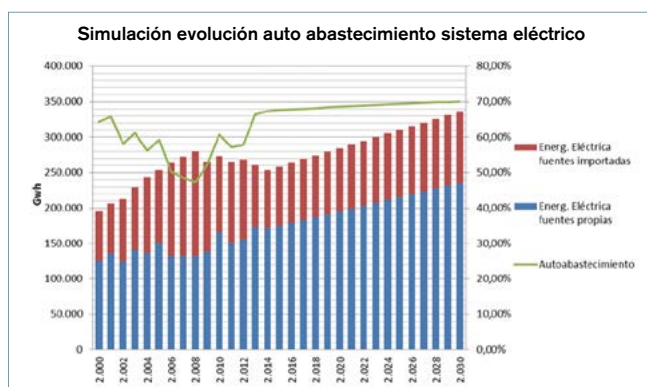


Figura 11. Simulación evolución del autoabastecimiento del sistema eléctrico hasta 2030. Fuente: Elaboración propia.

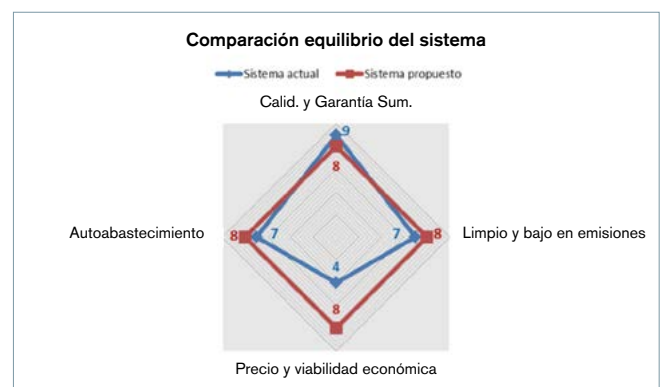


Figura 12. Comparación del equilibrio sistema actual con el propuesto a 2030. Fuente: Elaboración propia.

usos diversos, que pasa del 61,01% al 23,14%.

Todo ello nos lleva a reducir la dependencia energética final, desde el 78,25% hasta el 53,50%, es decir, disminuye en casi el 25%, lo que prácticamente nos llevaría a importar tan solo la mitad de la energía que consumimos.

**Nuevo mix energético primario**

En función de la nueva composición del mix energético final, realizamos la transformación de la energía final en energía primaria y extraemos también los datos desglosados de la energía primaria utilizada por el sistema eléctrico. Utilizando los datos facilitados por el IDAE, y conforme a la figura 16 podemos observar cómo cambia de forma sustancial el mix energético primario, viendo cómo disminuyen los porcentajes de consumo de productos petrolíferos, gas y carbón, en detrimento de las energías renovables, que prácticamente multiplican por dos su presencia en el mix, y representan casi el 25% de la energía primaria consumida.

**Reducción de importaciones de productos energéticos**

**Ahorro económico en importaciones energéticas**

Para considerar el ahorro económico en el importe energético, se han obtenido los datos del valor de las importaciones netas de carbón, productos petrolíferos y gas, en los años 2010-2014 y se ha dividido entre la energía consumida por cada una de las fuentes. En consecuencia, se ha obtenido un precio medio del tep para cada una de las fuentes que se ha aplicado a la simulación de los consumos de energía para los próximos años hasta 2030. Todo ello nos da como resultado la figura 17, en la que podemos ver cómo evolucionaría de forma anual el valor de las importaciones de las diferentes fuentes de energía primaria, a precios constantes de 2010.

Comprobamos que dejaríamos de gastar en los años 2015-2030, 554 millones de euros en importaciones carbón, 38.316 millones de euros en importaciones de petróleo y 12.604 millones de euros en importaciones de gas, y para el año 2030 se evitarían

unas importaciones respecto de la media de los años 2010-2014, por valor de 554 millones de euros en carbón, 4.507 millones de euros en petróleo y 1.482 millones de euros en gas.

Según lo anterior y viendo la figura 18 que presenta los datos globales, se puede ver que se ahorrarían casi 46.000 millones de euros entre los años 2015 y 2030, si los precios fuesen similares a la media de 2010 y 2014, y con la simulación propuesta en 2030 se ahorrarían casi 5.400 millones de euros anuales respecto de las importaciones medias entre 2010 y 2014.

**Ahorro cuantitativo en importaciones de fuentes energéticas**

Quizás pueda resultar más esclarecedor el ahorro cuantitativo de las fuentes de energía primaria que dejaremos de importar, por cuanto los precios de las mismas pueden variar ostensiblemente en función de las diferentes situaciones políticas y económicas y resulta muy imprevisible realizar una simulación objetiva. Por ello, en la siguiente figura presentaremos la simulación de la evolución de las im-

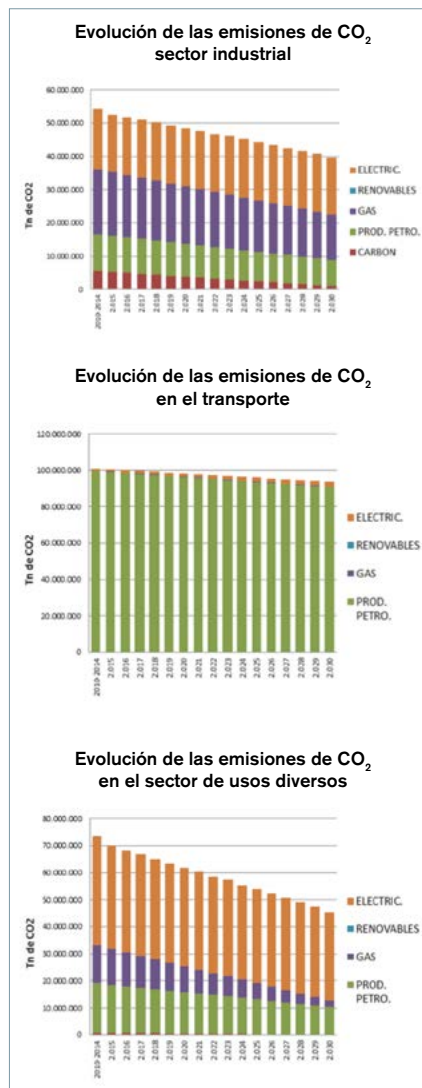


Figura 13. Simulación de las emisiones de CO2 por sectores (2015-2030). Fuente: Elaboración propia.

portaciones de carbón (tn), petróleo (barriles Brent) y gas (bcm).

Tal como se puede ver en la figura 19, comprobamos que se ahorraría la importación de casi 52.000 tn de carbón, 530 millones de barriles de petróleo y 37.860 bcm (billones de metros cúbicos) de gas entre los años 2015 y 2030, y que para el año 2030 se evitarían unas importaciones anuales de 6.000 Tn de carbón, 60,35 millones de barriles de petróleo, y 4.454 bcm de gas.

### Conclusiones

Este estudio presenta la novedad de haber realizado no solo una simulación de los factores del sistema eléctrico (calidad y seguridad de suministro, limpio y bajo en emisiones, precio y autoabastecimiento) con una serie de propuestas introducidas paulatinamente hasta el año 2030, sino que, además, incluyen

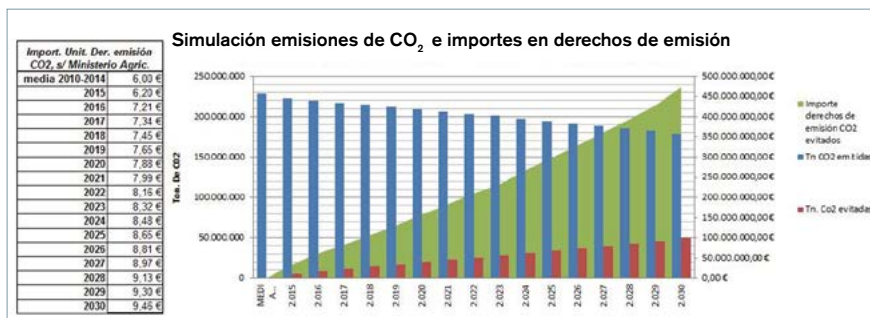


Figura 14. Simulación de las emisiones globales y valoración de derechos de emisión CO2 (2015-2030). Fuente: Elaboración propia.

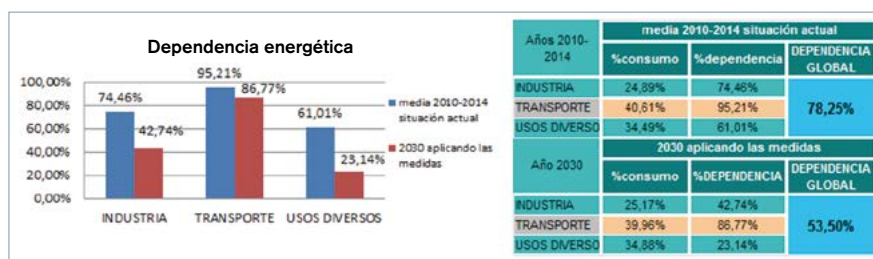


Figura 15. Comparativa de la dependencia energética por sectores y global de la media entre los años 2010-2014 y hasta 2030. Fuente: Elaboración propia.

las necesarias modificaciones de los hábitos de consumo energético y los muchos efectos positivos que los mismos tendrán no solo en nuestra economía global, sino también en el desarrollo sostenible que perseguimos.

Conforme a este estudio, hemos podido comprobar que sustituyendo el consumo de energía final procedente de los combustibles fósiles por electricidad y por fuentes renovables, no solo mejoraremos las emisiones de CO2 y el autoabastecimiento, sino que se optimizará el sistema eléctrico con el aumento de consumo y, por tanto, repartiremos los costes fijos entre más kWh. En consecuencia, conseguiremos abaratar el precio de la energía. Y además, como para conseguir esa mayor producción eléctrica se ampliará la potencia instalada en energías renovables (eólica y solar) tendremos un sistema eléctrico más autoabastecido y que mantendrá la calidad y garantía de suministro, por cuanto se seguirán manteniendo las centrales de gas, carbón y nucleares, que proporcionarán esa energía de respaldo que necesitamos.

Por tanto, queda demostrado que con una correcta planificación y una implantación paulatina de las diferentes medidas propuestas, podemos llegar a tener un sistema eléctrico equilibrado para el año 2030, lo que

a su vez tendrá unas consecuencias extraordinariamente positivas para el sistema energético global, ya que disminuirá nuestra dependencia energética del exterior en un 25% y se situará en el 53,50%, que coincide con la media de los países europeos. Y además disminuirán muchísimo las emisiones globales de CO2 y, por supuesto, algo que tendrá muchísimo impacto para nuestra economía como son las importaciones de energía.

### Bibliografía

Banco Mundial. Datos e indicadores de importaciones de energía. <http://datos.bancomundial.org/indicador/EG.IMP.CON.SZS>

Cámara, Á., Santero, R., Martínez, M. I., & Jiménez, J. (2016). Impacto del desarrollo de tecnologías de captura, transporte y almacenamiento de CO2 en el sector eléctrico. *Revista de Economía Aplicada*, 24(72).

Campi, M. T. C. (2016). Evolución del sector eléctrico español (1975-2015). *Información Comercial Española*, ICE: Revista de economía, (889), 139-156.

Carralero, D., González, A. y Velasco, J. L. Hacia un sistema eléctrico 100% renovable. [http://www.observatoriocriticodelaenergia.org/files\\_download/Hacia\\_un\\_sistema\\_electrico\\_100R.pdf](http://www.observatoriocriticodelaenergia.org/files_download/Hacia_un_sistema_electrico_100R.pdf)

CNMC. Liquidaciones del sector eléctrico. <https://www.cnmc.es/ambitos-de-actuacion/energia/liquidaciones-y-regimen-economico>

Escribano, G. (2006). Seguridad Energética: concepto, escenarios e implicaciones para España y la UE. *Boletín Elcano*, (87), 21.

Eurostat. Datos energéticos. <http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/database>

Fabra Utray, Jorge (2016). La deuda silenciada de las empresas eléctricas con los consumidores.

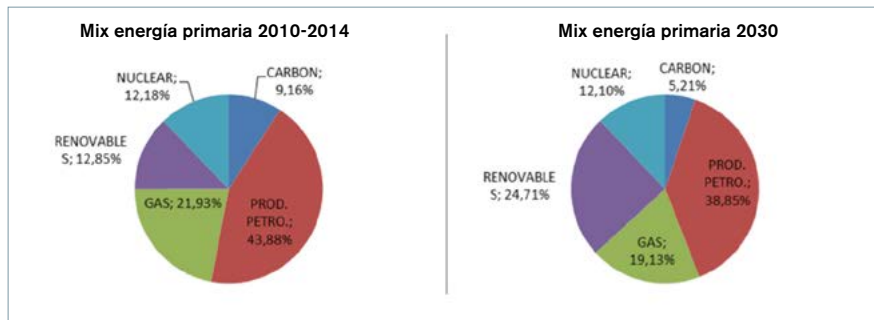


Figura 16. Comparativa del mix energético primario en los años 2010-2014 y el año 2030. Fuente: Elaboración propia.

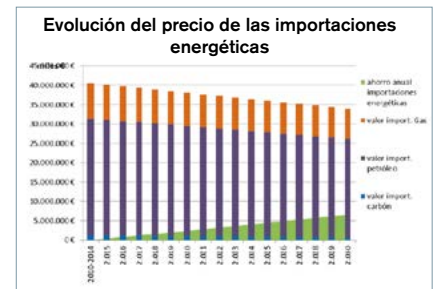


Figura 18. Simulación evolución del valor de las importaciones globales energéticas (2015-2030). Fuente: Elaboración propia.

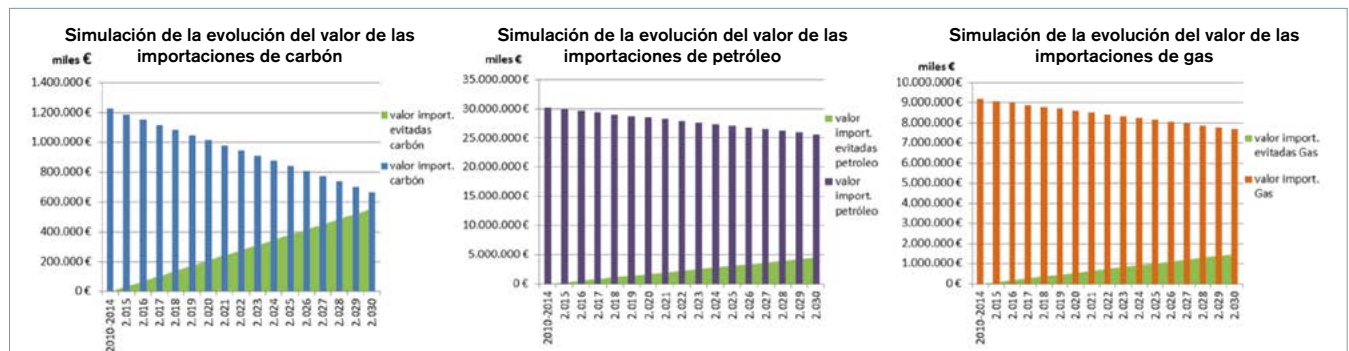


Figura 17. Simulación de la valoración de las importaciones de las diferentes fuentes energéticas (2015-2030). Fuente: Elaboración propia.

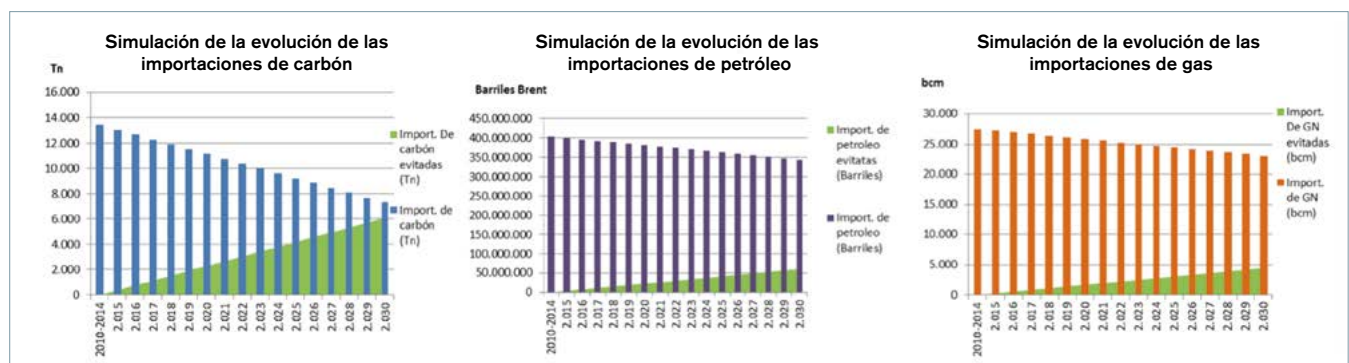


Figura 19. Simulación de la evolución de las importaciones de las diferentes fuentes energéticas (2015-2030). Fuente: Elaboración propia.

Economistas frente a la crisis. <http://economistasfrentealacrisis.com/la-deuda-silenciada-de-las-empresas-electricas-con-los-consumidores/>

Galbete, Santiago. Tesis doctoral: <http://www.alinne.es/documents/17669/20114/Viabilidad+suministro+e+l%+C+3%+A+9+ctrico+1+0+0%+2+5+.pdf/d58ddd8f-5dd3-4d4f-a0d7-fafd5625e542>

Galdón, J. A., Soucause, B. M., & Prades, I. G. (2017). Análisis del Sistema Eléctrico Español. *Técnica Industrial*, (316).

Galdón, J. A., Soucause, B. M., & Prades, I. G. (2016). La dependencia energética en España por sectores y su impacto económico. *Técnica Industrial*, (314), 46-55.

García-Álvarez, M. T., & Moreno, B. (2016). La liberalización en la industria eléctrica española. El reto de lograr precios competitivos para los hogares. *Gestión y política pública*, 25(2), 551-589.

Greenpeace. Informe 100% renovables. <http://www.greenpeace.org/espana/es/Trabajamos-en-Frenar-el-cambio-climatico/Revolucion-Energetica/>

Renovables-100/  
Greenpeace. Renovables 2050. <http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/other/renovables-2050.pdf>

Greenpeace. Revolución energética 2015. <http://www.greenpeace.org/espana/es/Trabajamos-en-Frenar-el-cambio-climatico/Revolucion-Energetica/Informes-Revolucion-Renovable/>

Guaita-Pradas I, Bartual-San Feliu I, Mari Soucase B. (2015). "Profitability and sustainability of photovoltaic energy plants in Spain" Int. J. Sustainable Economy, Vol.7-3 p.169-185. (DOI: <http://dx.doi.org/10.1504/IJSE.2015.071141>)

IDAE. Estudios, Informes y Estadísticas. <http://www.idae.es/index.php/idpag.802/relcategoria.1368/relemenu.363/mod.pags/mem.detalle>

Iranzo-Martín JE, Colinas-González M. "La energía en España: un reto estratégico". Información Comercial Española, ICE: Revista de economía, 2008, N.º.842 p.141-156.

Marín, J. M., & Escribano, G. (2010). El Plan Solar Mediterráneo y la integración energética Euro-mediterránea. *Revista de Economía Industrial*,

(377).

Mineco. Estadísticas de comercio exterior. [http://datacomex.comercio.es/principal\\_comex\\_es.aspx](http://datacomex.comercio.es/principal_comex_es.aspx)

Minetad. Plan de desarrollo de la red de transporte de energía eléctrica 2015-2020. <http://www.minetad.gob.es/energia/planificacion/Planificaci3n+electricidad+y+gas/desarrollo+2015-2020/Paginas/desarrollo.aspx>

Minetur. Libros de la Energía de los años 2001 a 2014. <http://www.minetur.gob.es/energia/balances/Balances/Paginas/Balances.aspx>

Red Eléctrica. Estadísticas del sistema eléctrico. <http://www.ree.es/es/estadisticas-del-sistema-electrico-espanol/indicadores-nacionales/series-estadisticas/#>

Silva, F. B., Cruz, S. B., & Díaz, A. L. (2013). La reforma eléctrica pendiente: propuesta para una solución de compromiso entre electricidad verde y amortización del déficit tarifario/the electricity reform pending: proposal for a compromise solution between green electricity and the amortization of deficit of tariff. *Boletín de estudios económicos*, 68(209), 317.

## Ingenieros técnicos y graduados de la rama industrial, el perfil más demandado

Según el “Informe sobre la situación del mercado laboral de los Graduados en Ingeniería de la rama industrial 2016 y perspectivas para el 2017”, elaborado por el Cogiti y Hays, en colaboración con Tecniberia, el 97% de los ingenieros ha realizado formación continua en el último año. Las empresas siguen valorando más la experiencia que la titulación académica.



De izquierda a derecha, Peter McCardle, Julio Ángel Martínez, José Antonio Galdón y Juan Ignacio Lema.

Las buenas perspectivas laborales para los graduados en ingeniería de la rama industrial e ingenieros técnicos industriales han quedado patentes en el *Informe sobre la situación del mercado laboral de los graduados en ingeniería de la rama industrial 2016 y perspectivas para el 2017*, realizado por el Cogiti y la empresa de selección de personal cualificado Hays, en colaboración con Tecniberia, ya que constituyen el perfil más demandado por las empresas debido a su gran polivalencia y capacidad de adaptación.

El informe, que ha sido presentado el jueves 26 de enero en la Real Academia de Ingeniería, se ha elaborado a partir de las respuestas a una encuesta en la que han participado cerca de 800 ingenieros y un centenar de empresas del sector.

A pesar de existir un mercado laboral cada vez más competitivo y complejo para los ingenieros demandantes de empleo, esta profesión sigue siendo una de las más demandadas por las empresas, y las expectativas en la contratación de estos profesionales en los próximos años son francamente buenas. Sin em-

bargo, uno de los datos que ha quedado patente en el estudio es que el 72% de las empresas que incrementará su plantilla en 2017 ha manifestado que tiene dificultades a la hora de encontrar el talento adecuado. Por tanto, hay un desajuste entre las habilidades que buscan los empleadores y las que tienen los profesionales.

Por ello, es fundamental que los ingenieros sigan formándose durante su vida profesional en un reciclaje continuo de conocimientos. Además, las exigencias de las empresas son cada vez mayores, y los ingenieros consiguen una entrevista tras enviar una media de 30 currículos. En este sentido, el informe arroja un dato muy positivo: el 97% de los encuestados, tanto empleados como desempleados, realizan cursos de formación continua y el 67%, además, continúa su formación universitaria a través de nuevos grados, másteres o doctorados, “lo que viene a ser un signo inequívoco del alto compromiso con el desarrollo profesional de nuestros ingenieros, que a su vez es tremendamente valorado por las empresas, hasta el punto de que el 49% ha conse-

guido aumentar responsabilidades dentro de las mismas”, señala el presidente del Cogiti, José Antonio Galdón Ruiz.

También es motivo de optimismo la respuesta ofrecida por las empresas sobre su situación actual, ya que el 57% de ellas considera que ha mejorado, y el 68% ha manifestado su intención de realizar contrataciones a lo largo de este año. Además, es significativo el hecho de que el 34% de las compañías vaya a aumentar el salario fijo de su plantilla y que el 36% pague una remuneración variable en las mismas, lo que indica una mejora en las condiciones salariales dentro de las empresas.

### Capacidad de adaptación

Por otra parte, y en consonancia con las habilidades de los ingenieros, las empresas valoran de forma muy positiva la polivalencia y la capacidad de adaptación, dado que la mayoría de ellas (65%) requiere nuevas competencias en sus empleados para adaptarse a las diferentes situaciones y sigue primando la experiencia profesional (74%) frente a la formación (26%).

Un aspecto menos positivo para los ingenieros encuestados es la relación de los salarios con la responsabilidad exigida, así como la falta de medidas por parte de las compañías para mejorar la conciliación familiar y de mecanismos para el desarrollo profesional del que disponen las empresas.

En cuanto a la percepción del mercado laboral para los ingenieros encuestados, el 61% considera que no es del todo buena en la actualidad, mientras que el 57% piensa que mejorará en los próximos dos años y el 73% confía en que mantendrá su puesto de trabajo.

En relación con los ingenieros desempleados encuestados, cabe destacar que el 63% se quedó sin empleo a raíz de los problemas económicos o el cierre de la empresa donde trabajaba y el 78% ha buscado trabajo en un sector diferente, por lo que la versatilidad es fundamental para reincorporarse al mercado laboral.

La mayoría de los profesionales buscan empleo a través de contactos personales (41%) y *job sites* (portales de empleo) (38%), y el 68% estaría dispuesto a trabajar fuera de nuestro país. Debido a la necesidad de encontrar un puesto de trabajo, solo el 22% ha rechazado alguna oferta de trabajo y el 93% estaría dispuesto a aceptar unas condiciones económicas inferiores con la seguridad de poder mejorarlas en un futuro, y valoran muy positivamente (69%) otros beneficios no salariales.

A diferencia de otros países, en lo que respecta a la rotación del mercado laboral español, existe poca movilidad en el ámbito de la ingeniería; prueba de ello es que el 80% de los ingenieros con em-

pleo no ha cambiado de trabajo en el último año. Además, el 53% ha rechazado nuevas ofertas y el 28% está buscando activamente cambiar de trabajo, por lo que se trata de un mercado laboral que realmente ofrece oportunidades, pero en el que las condiciones laborales no cumplen las expectativas de los profesionales.

### Mejores perspectivas

En palabras del presidente del Cogiti, José Antonio Galdón Ruiz: "Podemos afirmar, en definitiva, que las perspectivas de futuro están mejorando dentro del sector de la ingeniería de la rama industrial, pero debemos seguir impulsando las herramientas competitivas ([www.acreditacioncogitidpc.es](http://www.acreditacioncogitidpc.es)) y servicios ([www.cogitiformacion.es](http://www.cogitiformacion.es), [www.proempleoingenieros.es](http://www.proempleoingenieros.es)), que permitan no solo la mayor empleabilidad de los ingenieros, sino también el crecimiento y desarrollo del tejido industrial y empresarial, lo que nos ha de llevar al tan ansiado crecimiento y prosperidad de la sociedad en su conjunto".

Además, ha quedado patente el afianzamiento de los grados en ingeniería como los profesionales de referencia en este ámbito. "Las empresas demandan la polivalencia que tienen estos ingenieros, ya que la base generalista dentro del ámbito industrial es muy amplia, y luego pueden adaptarse a las diferentes labores dentro de las empresas, algo que es muy valorado por ellas, como reflejan las encuestas", señaló Galdón.

En la presentación del informe participó también Peter McCardle, director de Hays-Madrid, quien destacó que la dinámica del mercado de trabajo ha

cambiado mucho en España en el periodo 2009-2014, así como la necesidad de preparar a los jóvenes para tener una formación acorde a las necesidades de las empresas, y poder crear "la tormenta perfecta". Este es uno de los principales retos para España en materia de empleo.

También intervino el presidente de Tec Iberia, Juan Ignacio Lema Devesa, quien resaltó el alto nivel de calidad de la ingeniería española y el reconocimiento internacional de sus ingenieros. "Las empresas de ingeniería española están jugando en primera división, y tenemos casos como las empresas españolas que están proyectando el metro de Estocolmo, que han ganado concursos de estudio ambiental en San Francisco y Los Ángeles o proyectos de energías renovables en Canadá", destacó. Además, hizo hincapié en lo siguiente: "Hay que recuperar el carácter estratégico que tiene la ingeniería en un país, ya que el que no tenga ingeniería está condenado a ser colonizado tecnológicamente, y eso a largo plazo es un desastre".

Por su parte, la inauguración del acto de presentación estuvo a cargo del director general del Servicio Público de Empleo Estatal (SEPE), Julio Ángel Martínez Meroño, que puso el énfasis en el problema de competencias profesionales que tiene España, que nace del *boom* de la construcción y de las carencias o necesidades de cambio del sistema educativo, para obtener una formación básica solvente. En este sentido, indicó que quizás habría que extender a todos los ámbitos de la sociedad los sistemas de certificación de la experiencia (¿qué sabe hacer usted?) y se refirió a la excelencia, la polivalencia y la flexibilidad como las claves esenciales que han de primar en el mercado de trabajo. Por último, dio la enhorabuena a la ingeniería industrial por su importancia en la creación de empleo estable y de calidad.

Por último, se presentaron las principales conclusiones del informe, de la mano de Sergio Hinchado Leal, *senior manager* de Hays; Eduardo Priego Fernández, *team manager, recruiting experts in Engineering & Construction* de Hays; Gerardo Arroyo Herranz, *public affairs director* de la Oficina Europea del Cogiti, y César Sebastián Martín-Sanz, responsable del área de RR HH y Reclutamiento ([www.proempleoingenieros.es](http://www.proempleoingenieros.es) del Cogiti).

Más información en [cogiti.es](http://cogiti.es)



De izquierda a derecha, Gerardo Arroyo, César Martín-Sanz, Eduardo Priego y Sergio Hinchado.

# El Cogiti desmiente las consideraciones de la CNMC sobre la profesión de ingeniero y le pide mayor rigor

La CNMC ha informado del proyecto de Real Decreto por el que se aprueban los estatutos de los colegios oficiales de graduados en ingeniería de la rama industrial e ingenieros técnicos industriales de España y del Consejo General. El Cogiti desmiente la introducción de "restricciones adicionales injustificadas" al acceso y ejercicio de la profesión, como asegura la CNMC

El Consejo General de Colegios de Graduados en Ingeniería de la rama industrial e Ingenieros Técnicos Industriales de España (Cogiti) lamenta que desde la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC) se informe de textos legales, en función de criterios o deseos de que los mismos se incluyan en legislaciones futuras, al tiempo que recuerda que los consejos generales hasta la fecha no tienen la capacidad de legislar, como al parecer pretende la CNMC.

Desmiente por completo que desde el Cogiti se estén introduciendo restricciones adicionales injustificadas, argumentando que solo se está cumpliendo con lo que dice la legislación actual sobre colegios profesionales, que ya fue actualizada conforme a la Ley 17/2009 sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio.

Además, considera totalmente lícitas las recomendaciones que la CNMC realiza al legislador y hasta incluso com-

parte algunas de ellas, pero al mismo tiempo les pide el máximo rigor en las afirmaciones que realizan, y se refiere en concreto a la que indica que la ingeniería industrial solo está regulada en cuatro países y que, por tanto, en España debería desregularizarse.

Para ello, matiza que la profesión de ingeniero industrial en España no tiene nada que ver con la ingeniería industrial que existe en la mayoría de países europeos y que se asimilaría a lo que aquí es la ingeniería de organización industrial y que tampoco es profesión regulada. Por ello, les invita a realizar el mismo análisis respecto a los ingenieros mecánicos, químicos, eléctricos, electrónicos, etc., que, a la sazón, son las profesiones de ingeniería que existen en el resto del ámbito europeo (*mechanical engineer, electrotechnology engineer, chemical engineer, etc.*) y coinciden con los actuales graduados en ingeniería de la rama industrial (mecánicos, eléctricos, químicos, electrónicos, etc.), y entonces

podrán comprobar cómo las mismas están reguladas en la inmensa mayoría de países europeos, tal como se desprende del informe que está elaborando la European Council of Engineers Chamber al respecto.

Según todo lo anterior, el Cogiti solicita a la CNMC una reflexión previa y contrastada antes de realizar afirmaciones tan tajantes en este sentido, al tiempo que pide respeto y consideración al trabajo que se viene realizando desde los colegios profesionales, siempre en pro de la calidad, garantía y seguridad de los usuarios y/o clientes, que no sería posible sin el impulso y la promoción que desde los mismos se realiza en favor de la competitividad de los profesionales.

## Reforma de las profesiones de ingeniería

Desde el Consejo General se viene solicitando una reforma de las profesiones de ingeniería que posibilite una mayor movilidad de los profesionales y elimine las barreras anticompetitivas que existen en la actualidad, para lo que apuestan por los modelos mayoritarios de autorregulación por parte de los organismos profesionales, consistentes en la habilitación profesional a partir de las competencias y/o conocimientos adquiridos, tanto en la titulación universitaria como con la posterior experiencia y formación continua.

El modelo español basado única y exclusivamente en la posesión de un determinado título académico para el ejercicio profesional y en el que no es necesaria la recertificación de conocimientos y se tienen las mismas atribuciones durante toda la vida profesional sin posibilidad de ampliarlas, es algo insólito en el ámbito europeo. De este modo, es evidente que algo tendremos que cambiar, al tiempo que se recuerda que mientras que no se modifique, los colegios profesionales solo pueden cumplir con lo que actualmente es legal y colaborar con la Administración y las instituciones para promover y debatir los cambios necesarios.



Foto: Shutterstock.

# El Supremo da la razón a los ingenieros técnicos e ingenieros para realizar la evaluación de edificios

En su sentencia desestima el recurso del Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España referente a la certificación energética de viviendas conforme al RD 235/2013 y viene a recoger las reivindicaciones que se llevan realizando por parte del Cogiti desde la promulgación de la Ley 8/2013 y su desafortunada interpretación por parte de algunas Administraciones

El Tribunal Supremo (TS), en su sentencia 2765/2016, da la razón a los ingenieros técnicos y a los ingenieros en su capacidad legal para la realización de los informes de evaluación de edificios. En la sentencia, en la que desestima el recurso del Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España referente a la certificación energética de viviendas conforme al RD 235/2013, el Alto Tribunal fundamenta su decisión en la hasta ahora controvertida interpretación del art. 6.1 de la Ley 8/2013 de Rehabilitación, renovación y regeneración urbanas, en la que se define claramente quiénes son los técnicos competentes para la realización de los citados informes.

En el fundamento de derecho tercero de la sentencia se recoge que la Ley 8/2013 con rango superior al RD 235/2013 establece que si los técnicos competentes para la realización de los informes de evaluación son todos aquellos que estén en posesión de cualquiera de las titulaciones académicas y profesionales habilitantes para la redacción de proyectos o dirección de obras y dirección de ejecución de obras de edificación, según lo establecido en la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación, cualesquiera que sean esos proyectos y obras de entre los incluidos en dicha ley, (por tanto, todas las ingenierías técnicas e ingenierías con atribuciones profesionales en edificación), y que si la certificación energética es solo una parte de dicho informe de evaluación, queda totalmente claro que quien puede hacerlo todo puede hacer una parte.

De esta forma, el TS interpreta de forma correcta el art. 6.1 de la Ley 8/2013 y despeja cualquier duda que pudiese haber al respecto de la misma, y que hasta la fecha estaba siendo utilizada en términos totalmente restrictivos en favor de arquitectos y arquitectos técnicos.

Esta sentencia viene a recoger las reivindicaciones que se llevan realizando por el Consejo General de Colegios de Graduados en Ingeniería de la rama industrial e Ingenieros Técnicos Industria-



Viviendas en Madrid. Foto: Shutterstock.

les de España (Cogiti) y otras ingenierías desde la promulgación de la Ley 8/2013, dado que la desafortunada interpretación de la misma por parte de algunas Administraciones ha estado generando una gran problemática para los profesionales de la ingeniería, que de forma sistemática veían frustradas sus posibilidades de realizar los citados trabajos.

A partir de aquí y en vista de los informes que ya ha realizado en este sentido la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC), y algunas agencias autonómicas de la competencia, esperamos y deseamos que se pueda resolver esta desagradable situación sin necesidad de seguir recurriendo a los tribunales de justicia, y así lo trasladaremos al Ministerio de Fomento y las diferentes Administraciones autonómicas y locales.

## Informe favorable de la CNMC

Además del Tribunal Supremo, la CNMC también dio la razón a este colectivo profesional en su informe de 30 de noviembre de 2015, en el que se indica que la exclusión de los ingenieros técnicos industriales de la redacción de informes de evaluación de edificaciones constituye una restricción de acceso a la actividad

económica en el sentido del artículo 5 de la Ley 20/2013 de Garantía de la Unidad de Mercado, así como del artículo 39bis de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común, y todo ello "al no haberse motivado razón imperiosa de interés general para su reserva a profesiones concretas".

## Recomendación de la Autoridad Vasca de la Competencia

La Autoridad Vasca de la Competencia (AVC) también emitió un informe, en esta línea, en junio de 2016, a modo de "recomendación al Gobierno Vasco y a los Ayuntamientos en relación con la habilitación técnica para la realización de los Informes de Evaluación de Edificios (IEE)", en la que establecía la obligación de aceptar los IEE realizados por los ingenieros y los ingenieros técnicos, y por ello debían tramitar las licencias de obras subsiguientes a las mismas. En este sentido, indicaba que las restricciones a la competencia tienen efectos negativos en los usuarios de los servicios que pueden materializarse en una peor calidad de los servicios y mayores precios.

Más información en [cogiti.es](http://cogiti.es)



# El Consejo General patrocina el foro de innovación e impulso a las energías renovables INNPULSA 2017

El presidente del Cogiti, José Antonio Galdón, presentó, junto con César Nicolás Martínez, decano del Colegio de la Región de Murcia, y Juan Hernández Albarracín, consejero de Desarrollo Económico, Turismo y Empleo, este foro en el que participan las principales empresas e instituciones de este sector estratégico en la citada comunidad autónoma

El Colegio/Asociación de Graduados en Ingeniería de la rama Industrial e Ingenieros Técnicos Industriales de la Región de Murcia ha acogido la presentación de INNPULSA 2017, el foro de innovación e impulso a las energías renovables, en el que participan las principales empresas e instituciones de este sector estratégico en dicha Comunidad Autónoma. El acto de presentación ha estado a cargo de Juan Hernández Albarracín, consejero de Desarrollo Económico, Turismo y Empleo; junto con José Antonio Galdón Ruiz, presidente del Consejo General de Colegios de Graduados en Ingeniería de la rama industrial e ingenieros técnicos industriales de España, y César Nicolás Martínez, decano del colegio.

José Antonio Galdón aseguró que la energía es importante para la economía, la industria y para la vida, por tanto, "desde los colegios profesionales estamos implicados porque es un problema para la sociedad". El presidente añadió que desde el Consejo General tienen claro las actuaciones que deben llevar a cabo para conseguir un sistema energético que cumpla los tres pilares exigibles de seguridad y garantía en el suministro, que sea económico y limpio, así como autoabastecible y sostenible.

Asimismo, Galdón señaló: "Nos evitaremos importar energía del exterior, costosa y contaminante. Las energías renovables son un elemento fundamental para nuestra economía. Es básico tener políticas a largo plazo que den seguridad jurídica. Hace falta un gran pacto de Estado sobre esta materia".

Por su parte, César Nicolás agradeció a todos los asistentes su presencia en el Foro de Innovación e Impulso a las Energías Renovables. "Pretende ser un marco de trabajo y reflexión conjunta que favorezca el desarrollo de energías sostenibles por lo que significa para la industria y el empleo de calidad en nuestra comunidad autónoma", aseguró el decano. Y añadió: "Las energías renovables cuentan en la Región de Murcia con un desarrollo de la ingeniería especializada imparable que se debe aprovechar, ya



José Antonio Galdón, Juan Hernández y César Nicolás, en la presentación del Foro INNPULSA 2017.

que las condiciones naturales también favorecen esta actividad".

Tras la presentación, tuvo lugar la primera mesa de debate, desarrollada bajo el título *Hacia un nuevo modelo energético* y que ha estado moderada por César Nicolás. En dicha mesa participaron José Marín Vázquez, presidente de la Asociación de Instaladores de Energías Renovables de la Región de Murcia; Domingo Jiménez Beltrán, presidente de la Fundación Renovables, y Esther Marín Gómez, directora general de Energía, Actividad Industrial y Minera.

## Actividades todo el año

INNPULSA 2017 es un punto de encuentro del sector de las energías renovables que a lo largo de todo el año pondrá en marcha mesas de debate, talleres, jornadas técnicas, visitas a instalaciones, etc., en las que se pretende debatir, mostrar, formar y, en definitiva, potenciar un sector en el que la Región de Murcia tiene muchas cosas que aportar y un alto potencial de desarrollo económico. Al acto de apertura del foro han asistido, además, los responsables de las principales asociaciones profesionales y expertos relevantes en el sector. En el acto de presentación se han dado a conocer las actividades programadas para todo el año 2017. La información está disponible en la web: [www.innpulsa2017.es](http://www.innpulsa2017.es).

Los objetivos de INNPULSA 2017 son

diversos, entre los que destacan la potenciación e impulso de la innovación de las energías renovables en la Región de Murcia, así como capacitar profesionalmente en el diseño de instalaciones para situar a los profesionales de aquí entre los mejores preparados en esta materia.

La energía es uno de los sectores estratégicos clave mundiales y no es de extrañar que se tienda a un modelo centralizado, basado tradicionalmente en energías fósiles, pero es urgente cambiar esta tendencia. Se debe impulsar hacia una generación eléctrica más distribuida, y, a su vez, basada principalmente en fuentes de energías renovables.

La ingeniería ha sido, y es, uno de los principales motores de impulso en este cambio. En nuestras manos y en el resto de colectivos, asociaciones y Administración está el fomentar su uso. Es momento de legislar, diseñar y planificar instalaciones. En este foro, durante todo el año 2017, empresas colaboradoras, colegios profesionales, asociaciones, Administración pública y otros colectivos tendrán un punto de encuentro en torno a las energías renovables. Habrá un conjunto de actividades, cursos de formación y talleres prácticos con los que se pretende fomentar su uso y su implantación en una región en la que se dan la mano los recursos naturales, el conocimiento y el compromiso de los diferentes actores públicos y privados.

# Ana María Jáuregui, decana del Colegio de Sevilla, nueva vocal de la junta ejecutiva del Cogiti

El pasado 4 de marzo, coincidiendo con la celebración del pleno/asamblea del Cogiti, Ana María Jáuregui Ramírez, decana de Cogiti Sevilla, tomó posesión del cargo de vocal del Consejo General, en sustitución de Juan Ribas Cantero, decano del Colegio de Illes Balears, que cesa voluntariamente en el cargo

Ana María Jáuregui es decana del Colegio de Sevilla, desde mayo de 2016. A nivel profesional, trabaja como técnica inspectora medioambiental en el Ayuntamiento de Sevilla desde el año 2007. En cuanto a su formación, cabe destacar un máster oficial en tecnología ambiental, grado en ingeniería en electrónica y automática industrial e ingeniería técnica industrial (especialidad electricidad, sec. reg. y automatismos), máster en prevención de riesgos laborales y formación de posgrado en auditorías de prevención.

Ana María Jáuregui manifestó afrontar su nuevo cargo como vocal del Cogiti con gran ilusión y entusiasmo y agradeció la confianza que han depositado en ella, "para pasar a formar parte de este gran equipo". Por su parte, el presidente del Cogiti, José Antonio Galdón, dio la bienvenida a la junta ejecutiva, "en la que, sin duda, aportará todo su potencial de trabajo e iniciativas a los que nos tiene acostumbrados", expresó. También felicitó al vocal saliente, Juan Enrique Ribas "Me ha acompañado durante estos



Ana M<sup>a</sup> Jáuregui toma posesión de su cargo de vocal, en la junta ejecutiva del Cogiti, flanqueada por José Antonio Galdón y Gerardo Arroyo, presidente y secretario del Consejo General, respectivamente.

últimos seis años, en la actual legislatura y en la anterior, y solo le agradezco su incondicional apoyo y enorme dedicación, sino la amistad verdadera que nos une".

Con esta nueva incorporación, la junta ejecutiva del Cogiti queda constituida de la siguiente manera: presidente: José Antonio Galdón Ruiz; vicepresidente:

Juan Ignacio Larraz Plo; secretario: Gerardo Arroyo Gutiérrez; vicesecretario: Santiago Crivillé Andreu; tesorero: Fernando Blaya Haro; interventor: José María Manzanares Torné, y vocales: Francisco Miguel Andrés Río, Santiago Luis Gómez-Randulfe Álvarez, Aquilino de la Guerra Rubio, Antonio Martínez-Canales Murcia y Ana M<sup>a</sup> Jáuregui Ramírez.



## ¡¡ Nueva convocatoria !!

**Certificación de Personas  
Verificadores LAT no superior a 30kV  
(Acorde a norma UNE EN ISO/IEC 17024:2012)**

- Fecha de examen: sábado, 27 de mayo de 2017
- El plazo de admisión de solicitudes finaliza el 22 de abril de 2017

Más información: [www.certificaciondepersonas.cogiti.es](http://www.certificaciondepersonas.cogiti.es)

E-mail: [certificaciondepersonas@cogiti.es](mailto:certificaciondepersonas@cogiti.es)

Tel. 91 554 18 06



# El internet de los carruajes sin caballos

Pedro Cea Muñoyerro

¿Qué pensaría un ciudadano de la Hispania romana que circulara en su carruaje por una calzada si le adelantara a toda velocidad una máquina rugiente sin ningún animal tirando de ella? Probablemente, no sería muy diferente de lo que pensaría hoy Henry Ford si visitara una moderna fábrica de vehículos.

Cuando en 2017 estrenamos un coche, utilizamos una máquina cuyo proceso de fabricación ha evolucionado de manera extraordinaria y que nos proporciona una experiencia como conductores que poco tiene que ver con la de nuestros abuelos. ¿Qué ha cambiado desde que el predecesor de nuestro automóvil se ensamblara en los inicios del siglo XX? Es evidente que tecnológicamente las prestaciones son abrumadoramente más sofisticadas, pero hay un factor del que hemos perdido la perspectiva: el modo en el que un vehículo se conecta con su entorno, tanto en el proceso de producción como cuando circula.

El predecesor de nuestro vehículo parte de un proceso en el que solo tiene contacto con un pequeño número de operarios que lo montan de forma completa, unidad a unidad, y que al salir de la fábrica es una máquina que solo conocerá a sus usuarios y al mecánico del taller.

## Industria 2.0

En la década de 1920, un visionario llamado Henry Ford sentó muchas de las bases del futuro del automóvil cuando decidió aplicar las teorías de la organi-

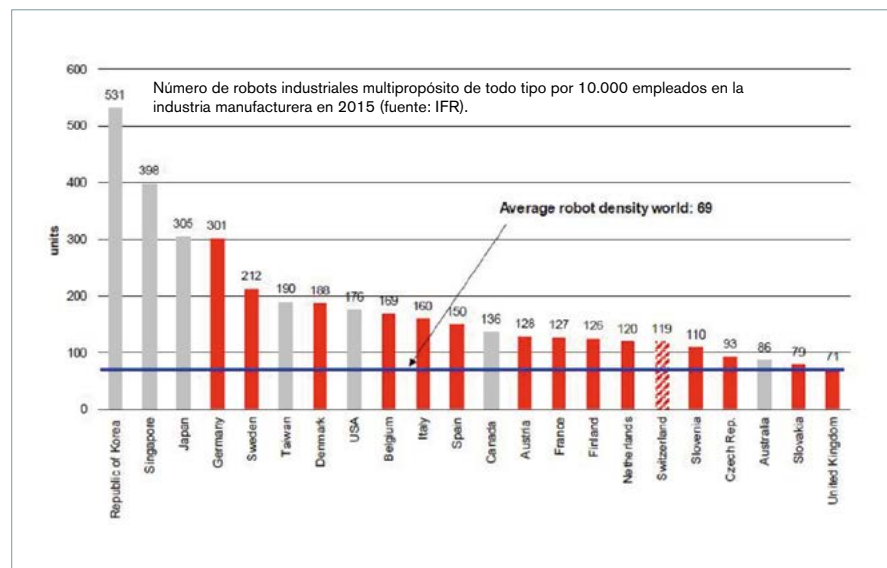
zación científica del trabajo de Frederick Winslow Taylor. El resultado se llamaría el Ford T, el automóvil fabricado desde 1908 a 1927 en un método de producción cuya base es la cadena de montaje y que evoluciona a la división sistemática de las tareas. Para finales de la década de 1920 había un automóvil por cada cinco estadounidenses.

## Industria 3.0

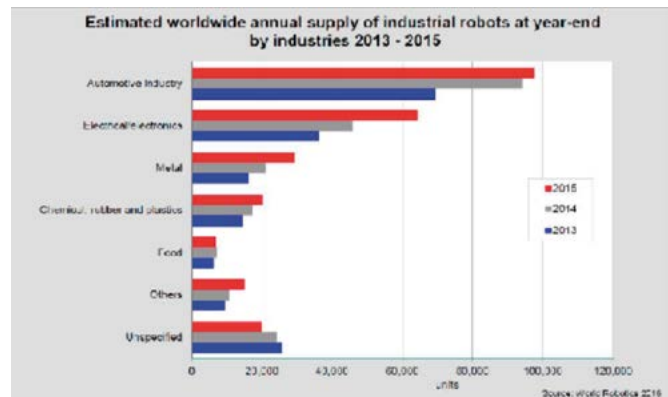
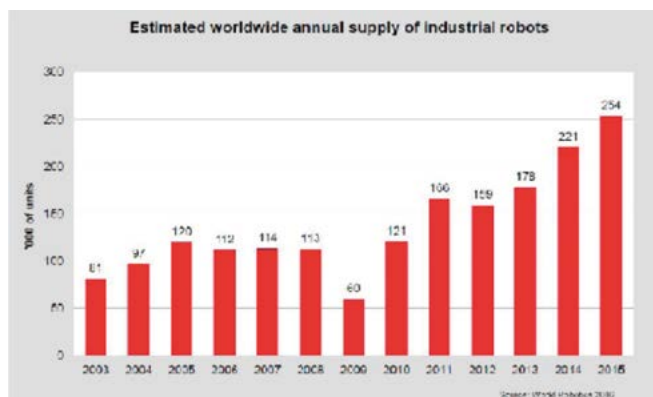
Pero la evolución de la sociedad y sus necesidades demandaron ahorro, varie-

dad de diseño y personalización para los que este sistema no era lo bastante bueno y fue el ingeniero japonés Taiichi Ohno quien comprendió que había que «producir los elementos que se necesitan, en las cantidades que se necesitan, en el momento en que se necesitan». El toyotismo sustituirá en la década de 1970 al fordismo apostando por la diversificación y flexibilidad gracias a la ayuda de nuevos sistemas tecnológicos y métodos de gestión.

La relación entre oferta de nuevos



**Elevada densidad de robots en los países de la UE.** Ninguna otra industria utiliza más robots que la del automóvil, donde se utilizan en prácticamente todas las áreas de producción. Entre 2010 y 2015, las ventas de robots a la industria automotriz aumentaron en un 20% en promedio por año. La densidad global promedio de robots en la industria manufacturera en 2015 es de unos 69 robots industriales instalados por cada 10.000 empleados. España supera esta media, con una densidad de robots de 150 robots.



modelos y la demanda de novedades coloca al cliente en el centro de las necesidades de producción. Y factores como el ahorro de costes, la rapidez de producción y la personalización se traducen en pequeños lotes de producción y la necesidad de estar preparados para cambios en el diseño de producción y, con ello, la introducción de los robots industriales, de manera que el que el vehículo está sometido a un proceso que trasciende la cadena tradicional.

### ¿Con qué se sorprendería hoy Ford en una moderna fábrica? Industria 4.0

La nueva revolución se llama industria 4.0, y estas son algunas de sus características:

- En la información: todo está conectado, desde los sistemas físicos a los virtuales y al análisis big data de los datos originados en las plantas de producción, los datos de compra y la información de cientos de proveedores.

- Robots por todas partes, con capacidad de respuesta en tiempo real, optimizados con movimientos de inspiración biológica; robots que, a través de inteligencia artificial y sensores, interpretan el contexto y actúan cooperativamente con los humanos.

- *Software* para el procesamiento de datos de la robótica, ordenadores con placas de captación, conjuntos de sensores montados en los robots, conexiones para el cableado de los sensores, herramientas de dirección y ajuste de trayectorias, monitorización y gestión remotas de los robots por conexión encriptada con cualquier dispositivo conectado a Internet, etc.

- Respuesta a necesidades de producción personalizada casi en tiempo real. Los proveedores y las unidades de producción actúan con una logística adaptada a la demanda individualizada en la que el producto "manda".

- Nuevos materiales. Entre los materiales más novedosos cabe mencionar los fotopolímeros, los polvos termoplás-

ticos, los cauchos, las cerámicas, las aleaciones metálicas, los pigmentos basados en nanoarcillas, las resinas sintéticas, los materiales biodegradables, etc.

### ¿Hasta dónde llegará la inventiva de los ingenieros?

En apenas unos años, tanto Ford como nosotros mismos nos sorprenderemos con lo que está por llegar. Un vehículo sin combustible fósil, conectado a satélites GPS, que se autopilota y elige la trayectoria óptima, que se autodiagnostica, que hace llamadas de emergencia automáticas, que habla con el resto del tráfico y las infraestructuras, que facilita el acceso a la circulación a aquellos que por vejez o invalidez ahora no pueden. Quizá un modelo único fabricado por robots mediante impresión 3D.

**Pedro Cea Muñoz** es ingeniero técnico industrial y secretario técnico del Colegio Oficial de Graduados en Ingeniería de la rama industrial e Ingenieros Técnicos Industriales de Valladolid.

# La UAITIE convoca la segunda edición del Premio Nacional de Iniciación a la Investigación Tecnológica

La convocatoria está abierta a alumnos de Tecnología y Tecnología Industrial de cualquier centro educativo de España. La organización prevé una gran participación, tras el éxito conseguido en la edición de 2016, en la que alumnos del entorno preuniversitario (3º y 4º de ESO y bachillerato) presentaron sus propuestas de gran nivel orientadas a la eficiencia energética

La Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la rama industrial de España (UAITIE) propone la que ya es su segunda edición de este concurso, una iniciativa que se creó con el objetivo de promocionar las vocaciones e interés de la sociedad en la ingeniería potenciando y fomentando las asignaturas de Tecnología y Tecnología Industrial desde la etapa escolar de los estudiantes, impulsando y reforzando estas aptitudes en los estudiantes.

En esta nueva edición, los participantes deben idear una solución a problemas relacionados con las temáticas que se proponen: ahorro energético, gestión de residuos, atención a la discapacidad, urbanismo inteligente, de posible aplicación a su entorno doméstico, urbano o escolar (por ejemplo en el aula), aunque también pueden realizar su presentación desde la propia iniciativa personal de un



Imagen del cartel del concurso de la UAITIE.

nuevo tema propuesto por ellos mismos.

La convocatoria del presente año cuenta con el apoyo y la colaboración de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología del Ministerio de Economía y Competitividad, que ha permitido incrementar el importe de los premios (6.000 euros en total), además de abrir un nuevo abanico de complementos, como el portal participativo [www.premionacionaluaitie.com](http://www.premionacionaluaitie.com). A través del mismo se recopilará toda la información relativa al concurso y se utilizará como medio para la publicación y evaluación de las propuestas de los participantes y el nuevo plan de comunicación, que aumentará el alcance y la precisión de la divulgación.

Los alumnos de Tecnología y Tecnología Industrial matriculados en cualquier centro educativo de España que quieran presentar su propuesta pueden consultar el procedimiento y el plazo a través de la página web del concurso.

# Enrique Veiga González

Inventor del generador de agua potable para climas desérticos y director general de Aquaer Generators

## “La repercusión mundial de nuestro generador de agua potable nos tiene desbordados en la empresa”

Enrique Veiga (Vigo, 1939), es perito industrial mecánico por la Escuela de Vigo e ingeniero frigorista por el Institut Français du Froid Industriel de París. En su larga carrera profesional destaca su paso por las empresas Frigorífica Barreras, de Vigo, Asesoramiento Frigorífico y Aquaer Generators, de Sevilla, donde es director general desde 1996 y en la que se ha adquirido fama merecida como inventor del generador de agua potable por condensación del vapor de agua del aire para climas desérticos, con patente concedida en 2011, y premio al mejor invento del Club de Inventores Españoles. Es colegiado de honor por COPITVIGO en 2016.

### Perito industrial mecánico ya, decide irse a París a continuar estudiando. ¿Qué le motivó? ¿Qué diferencias encontró entre la enseñanza francesa y la de la ingeniería española?

En aquellos años, la industria del frío estaba en pleno apogeo: se construyeron grandes frigoríficos y la industria de pesca para productos congelados era ya una realidad en expansión. Mi padre, Camilo Veiga, aquel hombre tan importante para Vigo, fue el que me animó y financió para ir a estudiar la especialidad de frío industrial, en el centro más prestigioso de Europa, el Institut Français du Froid Industriel de París. Allí me encontré con un claustro de profesores de prestigio internacional, todos dispuestos y con ánimo de ayudar, pero por otro lado no muy distinto a lo nuestro, quizás más intenso y específico.

### También viaja por Noruega y Canadá. ¿Qué le aportó esta experiencia?

No estuve demasiado tiempo en esos países, pero sí el suficiente para aportar experiencias prácticas. En Noruega, estuve en la isla Fosvavag, cercana a Alesund, donde aprendí muchas de las técnicas para el procesado del pescado, y conocí también a gente extraordinaria. En Canadá tuve la oportunidad de trabajar y conocer técnicas ligeramente distintas de las



Enrique Veiga en uno de sus viajes a África para probar sus generadores de agua potable para climas desérticos. En la imagen inferior, un nativo bebiendo agua obtenida por el generador en el desierto de Namibia.



europeas en el cálculo y diseño de instalaciones frigoríficas, lo que me aportó un conocimiento añadido que completé con cursos de refrigeración y aire acondicionado en la Universidad de Montreal, de la cual soy diplomado.

### ¿Por qué se marchó después a Sevilla?

La empresa Frigorífica Barreras de Vigo me ofreció la oportunidad de mi vida, un proyecto importante en Sevilla: transformar una actividad de pesca tradicional ya existente en una actividad de pesca de congelados, para lo cual había que crear toda la infraestructura necesaria para este tipo de trabajo, incluyendo frigoríficos, muelles, accesos, etc., pues en el sitio donde se iba a construir la factoría, a orillas del Guadalquivir, no había ni ca-

rrerías, ni muelles, ni nada. Pero lo mejor es que los Barreras, Salvador, Alfonso y Rafael, confiaron plenamente en mí y me dieron carta blanca.

### ¿Cómo llegó a ser cargo directivo? ¿Cómo se formó para ello?

Mi formación siempre fue preferentemente técnica y el cargo que tenía en Frigorífica Barreras era el de jefe técnico, lo que implicaba llevar toda la logística: cámaras frigoríficas, descargas, sala de elaboración y precocinados. Posteriormente, al terminar mi actividad en esta empresa, que duró 16 años, formé mi propia actividad. Tenía cierta experiencia, pero se sigue aprendiendo en nuevas estrategias y en adaptarse a las nuevas circunstancias. Sobre todo, innovar es fundamental.

### ¿Cuál considera su mayor aportación a la industria de la época?

La construcción de la factoría de Barreras se realizó en un lugar sin grúas, en el que hubo que inventar un sistema de descarga mediante cintas transportadoras. Cuando lo estaba proyectando en Vigo, me decían que estaba chiflado, que eso era imposible y que nadie lo había realizado hasta ese momento. Fue un éxito:

desde las distintas bodegas de los barcos los bloques de pescado llegaban a la factoría sin que nadie los tocara, y allí eran clasificados, envasados y almacenados. Llegamos a hacer de Sevilla el segundo puerto de España más importante en descarga de congelados, después de Vigo. Una de las actividades de la empresa era la de elaboración de productos derivados de la pesca, entre ellas desarrollamos los cilindros de merluza sin piel ni espina, que causaron gran impacto y que siguen existiendo todavía en el mercado. Yo, que fui el creador, lo tuve patentado como modelo de utilidad, y los barcos que lo elaboraban me pagaban, en aquel entonces, un real (25 céntimos de peseta) por kilo.

**La patente que le ha dado fama es la de su generador de agua potable. Pero, ¿qué otros inventos suyos destacaría?**

Nuestro generador capaz de obtener agua en climas desérticos es un producto que tiene una repercusión mundial tan grande que nos tiene a todo totalmente desbordados a todo el equipo de Aquaer, y nuestro mayor esfuerzo está dedicado a la construcción de estos generadores. Pero también tengo otras patentes, con prototipos funcionando, como cámaras de conservación de productos congelados; ladrillos con un aislamiento acústico del 95%, capaces de insonorizar cualquier local, y un autogenerador de energía del que tengo el prototipo, y espero presentarlo próximamente. ¡Será una revolución!

**¿Cuál es el factor determinante que le llevó a inventar su generador?**

En la década de 1990 se produjo en España una sequía que causó una gran alarma social. Mi experiencia en cámaras frigoríficas, donde hay que realizar con frecuencia desescarches, me hizo pensar en obtener el agua por un método parecido. La idea era instalar una fuente en la plaza del pueblo más afectado y que obtuviera el agua del aire. Actualmente hacemos lo mismo, pero la fuente la instalamos en el desierto. El generador de agua potable para climas desérticos es una máquina inteligente capaz de adaptarse a las condiciones climáticas.

**¿Cómo valora los premios que ha recibido como inventor? ¿Cree que en España se reconoce a los inventores?**

En principio, nadie inventa con la intención de recibir premio alguno. La mayor satisfacción es ver que lo ideado funcione y, principalmente, que sirva o sea útil para

algo. ¡He tenido suerte! Mi invento funciona, es útil y también ha sido reconocido. Creara (Fundación San Telmo) distinguió al generador de agua potable, entre los proyectos finalistas más importantes, por su carácter innovador y potencial de crecimiento. También el Club de Inventores de España distinguió al generador como el mejor invento en el epígrafe de innovación. Y también el premio a la mejor idea sobre generación de agua potable. He sido invitado para dar conferencias y me han entrevistado radios y televisiones nacionales y extranjeras. Pero también uno se puede encontrar con el escepticismo o la ignorancia de gente supuestamente entendida, sobre todo al querer acceder a alguna ayuda estatal, y te das cuenta de que en nuestro país, se valora mucho más lo foráneo que lo nuestro.

**“Nunca fue fácil encontrar trabajo. Los ingenieros deben saber un poco de todo y mucho de algo”**

**¿Qué les aconsejaría a los alumnos de ingeniería y a los ingenieros jóvenes?**

Nunca fue fácil encontrar trabajo. Los empresarios contratan a gente que pueda y sepa solucionar sus problemas, por lo que es necesario saber un poco de todo y mucho de algo concreto (especialización). ¡Sí, este es el secreto: saber mucho de algo y algo de todo! Divertíos, pasadlo bien, que hay que aprovechar el momento, pero también estudiad y especializaos en lo que os guste o veáis oportunidades.

**¿Qué recomendaciones tendría para la política energética en nuestro país?**

Nadie desea renunciar al bienestar logrado, que se alimenta a base de mucha energía. Cada vez que veo esas fotografías, sacadas por satélites, donde aparece casi toda la tierra iluminada, me quedo asombrado, pensando: ¿cuánta energía se está gastando en este alarde de luz? Hace apenas 130 años que se iluminó la primera calle, allá en Nueva York, y hoy es una verdadera locura en todo el mundo.

**¿Cuánta energía nos gastamos en la inofensiva carga de los móviles? ¿Alguien lo ha pensado? Nos llevaríamos una sorpresa mayúscula.**

Toda energía es necesaria, y si es limpia mejor, pero para que este tipo de energía

cubra todas nuestras necesidades falta todavía muchísimo. Habrá que seguir dependiendo de las fuentes tradicionales: hidráulica, térmica y nuclear. La primera tiene un impacto ambiental importante, la otra contamina y la tercera es peligrosa. Y todas tienen un poco de todo, pero habrá que asumir estos costes; no nos queda más remedio, pues sería muchísimo peor no tener energía. Respecto al riesgo, recuerdo que aceptamos sin ningún problema uno mucho mayor: el automóvil, lo que quizás algún psicólogo podría explicar.

**¿Cómo le gustaría que se extendiese el uso de su invento? ¿Qué otros usos cree que aun no se han desarrollado?**

El generador de agua Aquaer para climas desérticos, como así lo llamamos, ha sido concebido y creado, principalmente, para atender las necesidades humanas para beber. Esto debe ser y es nuestra preocupación principal para, de esta forma, poder atender a las necesidades de numerosas poblaciones que sufren la carencia de agua. De todas formas, nuestro generador de agua es una máquina excelente para otros usos, como acondicionar locales donde haya una carga de calor latente importante, piscinas públicas, centros deportivos, iglesias, etc. Y también es eficaz para recuperar el agua perdida por evaporación y arrastre, en las torres de refrigeración y condensadores evaporativos, y no solo recuperando el agua perdida, sino también evitando las incrustaciones y otros problemas que estos aparatos presentan, es decir, alargando su vida útil.

**¿Qué nos recomendaría a los colegios profesionales en esta etapa tan accidentada que estamos viviendo?**

Casi el mismo planteamiento que para la política energética, es decir, no podemos prescindir de ellos. Hay determinadas profesiones que necesitan, de alguna forma, conciliar los intereses de los profesionales que ejercen con los derechos de los destinatarios, y esta creo que es la principal función de los colegios profesionales, aunque también tienen otras que a mí me han servido de mucho. Como colegiado de dos colegios profesionales, me siento muy satisfecho y agradecido por todos los servicios y la ayuda prestada, y considero que, sin duda, han contribuido a mejorar el desarrollo de mi profesión. Para mí, la función de los colegios profesionales es clara y necesaria, y la ley no puede desvirtuar la naturaleza de estos colegios con un exceso de supervisión.

# Nuevo impulso para la Escuela de Fomento Industrial con nuevas áreas de formación

La renovación de la EFI se concreta en la introducción de cursos en las áreas de ingeniería forense, liderazgo y competitividad y gestión empresarial, además de la pionera de desarrollo directivo

La Escuela de Fomento Industrial lleva años trabajando con el objetivo de fomentar la industria proporcionando ayuda y apoyo a directivos y técnicos de este sector a través de cursos que les dotarán de las herramientas necesarias para llevar a cabo su labor con mayor eficacia. Estos cursos son muy económicos y se imparten en los colegios oficiales de ingenieros técnicos industriales del territorio nacional.

La evolución de la sociedad y de sus necesidades conlleva a una evidente renovación de la industria. Con esta idea de renovación surgen las nuevas charlas de presentación de los

cursos de la Escuela de Fomento Industrial, ya programadas en algunos centros territoriales y que se van a desarrollar en todos los colegios, favoreciendo así la difusión de estos y su conocimiento por parte de los colegiados.

Además, con esta necesidad de evolución y renovación era necesaria la introducción de nuevas áreas de formación además de las ya existentes.

Estas áreas son ingeniería forense, liderazgo y competitividad, y gestión empresarial, además de la pionera de desarrollo directivo.

## Área de desarrollo directivo



**Lean Manufacturing–Toyota Production System**  
Curso de 16 horas

**Ingeniería de procesos–Métodos y tiempos.** Curso de 8 horas



**Gestión y control de costes**  
Curso de 8 horas

**Estrategia y planificación de operaciones** Curso de 20 horas

**Logística y Supply Chain Management**  
Curso de 8 horas

**Gestión de proyectos-Project Management** Curso de 12 horas



## Área de ingeniería forense



**Actuación pericial**  
Curso de 16 horas

**Valoración de industrias**  
Curso de 24 horas

**Reconstrucción de accidentes**  
Curso de 32 horas



## Área de gestión empresarial



**Growth Engine** Curso de 60 horas

**Fase 1: Diseño y validación de la idea**, de 31 horas  
**Fase 2: Desarrollo de negocio**, de 21 horas  
**Fase 3: Desarrollo personal**, de 8 horas

## Área de liderazgo y competitividad



**Liderazgo en la industria**  
Seminario de 4 horas

**Liderazgo en entornos industriales**  
Curso de 8 horas

**Competencias del liderazgo**  
Curso de 8 horas

**Competencias para competir**  
Curso de 8 horas



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 dossieres 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**

**catenon**  
WORLDWIDE EXECUTIVE SEARCH

**ferroser**

Gehrlicher  
Solar 

 **ADARTIA**





Imagen de espacios confinados. (Fuente: Wolters Kluwer.)

# Los espacios confinados se consideran zonas de trabajo con riesgo grave y específico

La actualización de la 'Guía técnica de lugares de trabajo' recoge una serie de indicaciones para actuar en caso de accidente en tolvas, silos, pozos, calderas, túneles y otros espacios confinados

## Redacción Wolters Kluwer

Es muy posible que todos hayamos oído alguna noticia sobre un accidente en el que un trabajador fallece por asfixia en un depósito y, a continuación, sus propios compañeros, que acuden en su auxilio sin observar las debidas precauciones, perecen también. El trabajo en espacios confinados genera numerosos accidentes mortales, múltiples y en cadena, por lo que es necesario extremar la precaución.

El trabajo en espacios confinados aparece en el Apéndice 1 de la reciente actualización de la *Guía técnica de lugares de trabajo*. Se trata de su principal novedad y no es un asunto baladí, ya que no existe un real decreto específico sobre los mismos y su normativa de aplicación está muy dispersa. Veamos

los principales aspectos recogidos en la actualización de esta guía.

## El acceso a los espacios confinados es esporádico, generalmente para operaciones de corta duración y no planificadas

Empecemos por preguntarnos qué es un espacio confinado. Se trata de un recinto con aberturas limitadas de entrada y salida y ventilación natural desfavorable, en el que pueden acumularse contaminantes tóxicos o inflamables o donde puede haber una atmósfera defi-

ciente en oxígeno y que no esté concebido para su ocupación continuada por los trabajadores. Su acceso es esporádico, generalmente para operaciones de corta duración y no planificadas, como construcción, limpieza, mantenimiento, inspección o rescate.

## Características de los espacios confinados

Por sus especiales características, pertenecen al grupo de zonas de trabajo con riesgo grave y específico:

- Forma geométrica (complicada).
- Escasa o nula ventilación natural.
- Aislamiento ambiental/comunicativo.
- Accesibilidad a intervalos irregulares y para operaciones no habituales.
- Existencia de riesgos propios (característicos y contenidos en el propio es-

pacio) más los complementarios (derivados de instalaciones relacionadas, la actividad que realizar, la meteorología, etc.).

- Alta subcontratación, lo que complica la coordinación de las actividades empresariales y deriva en una falta de colaboración e información, lo que incrementa el riesgo de accidente.
- La evacuación y el rescate no están facilitados y los riesgos para la salud son muy graves o mortales, pudiendo generalmente afectar a más de un trabajador.
- Son lugares de trabajo (tolvas, silos, pozos, calderas, túneles, etc.) con unos riesgos de especial peligrosidad y, por tanto, es necesario definir un procedimiento de trabajo que concrete las pautas de actuación.
- Normalmente no hay trabajadores autorizados para acceder a los espacios confinados.
- La suma de estas características explica el elevado número de accidentes.

### Riesgos en los espacios confinados

Los riesgos existentes en un espacio

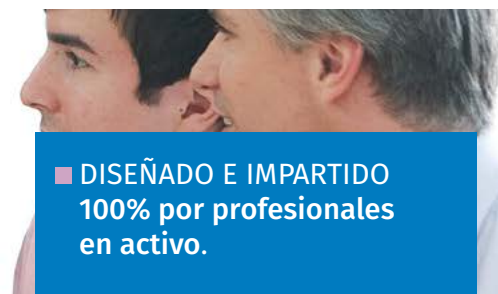
confinado se pueden clasificar en dos grupos:

1. Generales: aquellos que, con independencia de la peligrosidad de la atmósfera interior, son debidos a las deficientes condiciones materiales de la zona de trabajo.
2. Específicos: los derivados de la atmósfera peligrosa que se encuentra en su interior. Habitualmente son llamados riesgos específicos. Son los siguientes:
  - Riesgo de asfixia (por agotamiento de oxígeno): el riesgo aparece cuando la concentración de oxígeno de la atmósfera es inferior a 19,5 %.
  - Riesgo de incendio o explosión: se considera que el riesgo aparece cuando la concentración de polvos, gases o vapores inflamables es superior al 10 % de su límite inferior de explosividad (LIE) o bien, cuando la concentración de oxígeno es superior al 23,5 % en volumen.
  - Riesgo de intoxicación (por inhalación de contaminantes), principalmente por exposiciones agudas, por lo que será fundamental conocer los valores límite ambientales para corta exposi-

ción o, en su defecto, los límites de desviación.

### ¿Cómo trabajar en un espacio confinado?

1. Localizar los espacios confinados en la empresa para realizar una planificación de los mismos.
2. Tras confirmar que el acceso al recinto es imprescindible, se señalan como espacios confinados.
3. Evaluar cada espacio confinado de forma individual y teniendo en cuenta toda la información posible: cómo están, qué trabajos se han hecho, si ha habido accidentes, etc. Se priorizará la búsqueda de alternativas de acceso, o al menos, la reducción del tiempo de permanencia en el interior.
4. Revisar el entorno del recinto: información de canalizaciones, etc.
5. Concretar los trabajos que realizar en el espacio confinado.
6. Cuando la entrada a estos recintos requiera una autorización de trabajo, la información anterior se recogerá en el documento *Autorización de trabajo*, que formará parte del procedimiento de trabajo.



Programa Ejecutivo en

## Control de Gestión, Estrategia e Innovación. Controllers

- Más de **900 alumnos formados**.
- En colaboración con el **Chartered Controller Analyst – CCA** y **Global Chartered Controller Institute – GCCI**.
- El programa de referencia en el **Control de Gestión**.
- Sólida y completa formación dentro del control de gestión, Controller, una **disciplina cada vez más demandada por las empresas**.

- **DISEÑADO E IMPARTIDO 100% por profesionales en activo.**
- **Acceso al examen del CHARTERED CONTROLLER ANALYST – CCA®**
- **Aprendizaje flexible e innovador a través de un campus virtual que permite:**
  - **VIDEOCONFERENCIAS** en directo.
  - **FOROS** de debate.
- **Con acceso durante el programa a la revista Wolters Kluwer Estrategia Financiera.**

# Aerogenerador de baja potencia

María del Mar Conde Barbe

Este proyecto, ganador del premio Galicia sobre divulgación tecnológica e industrial de la Fundación Técnica Industrial, aborda el estudio, diseño e instalación de un aerogenerador de eje vertical de baja potencia, con el fin de aprovechar la energía eólica para abastecimiento de pequeños consumos allí donde la red eléctrica sea inaccesible o costosa, tales como boyas o luces de señalización marítimas o incluso pastoreo eléctrico. Asimismo, cabe destacar que la empresa Conde y Barbe se dedica a la fabricación de maquetas, prototipos y desarrollo de aplicaciones electrónicas. En 2013 comenzó una nueva línea dedicada a la fabricación de aerogeneradores de eje vertical y baja potencia, que posteriormente han llamado Blue Wind.

El principal objetivo de este proyecto es el estudio, diseño e instalación de un aerogenerador, de eje vertical, de baja potencia, fiable, de pequeño tamaño para su fácil transporte e instalación, de fácil mantenimiento, bajo coste y adaptado a todo tipo de vientos. Su objetivo es aprovechar la energía eólica producida por el viento para abastecer pequeños consumos, donde la red eléctrica sea inaccesible por costes o rentabilidad, como pueden ser boyas de señalización en el mar, luces de señalización, bombas para pozos o pastores eléctricos.

El aerogenerador está formado por:

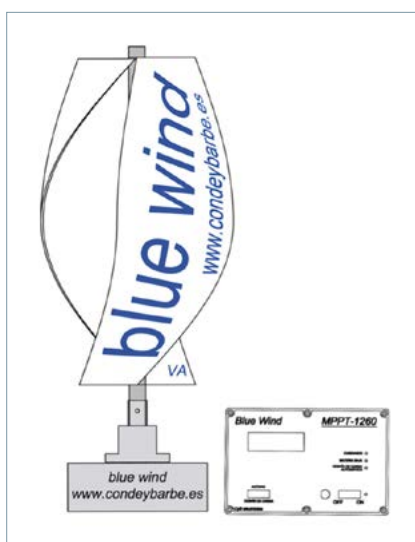
- Una pala.
- El generador.
- Y el equipo electrónico o MPPT.

La pala del aerogenerador, consiste en un rotor Savonius de desarrollo helicoidal.

La principal ventaja de esta pala frente a otros sistemas de eje vertical es el aprovechamiento del concepto aerodinámico, lo que nos permite:

- Situarlos más cerca unos de los otros, no ocupando tanta superficie, debido a que no produce el efecto de frenado de aire propio.
- No necesita un mecanismo de orientación respecto al viento, puesto que su pala es omnidireccional.
- Se pueden colocar más cerca del suelo, debido a que es capaz de funcionar con una menor velocidad del viento, por lo que las tareas de mantenimiento son más sencillas.
- Es totalmente silencioso.
- Es fácil de instalar y su tamaño es menor.

Para diseñar el aerogenerador, al no existir en el mercado ningún modelo comercial que se adaptara a nuestras necesidades, decidimos fabricarlo nosotros mismos, adaptándolo a nuestros deseos.



Para ello, optamos por un generador de imanes permanentes, formado por dos rotores de acero y un estator de PRFV,

unidos por un eje longitudinal que permitirá el giro de la pala por la fuerza del viento, haciendo que con el giro el generador produzca energía.

Las ventajas que encontramos en nuestro generador son:

- Logra altos rendimientos.
- Requiere menos cantidad de componentes y piezas, lo que permite tener un generador más robusto.
- Reducido tamaño.
- Para producir energía solo depende de la magnetización de los imanes y la velocidad de giro de las aspas.
- Son compactos.
- No necesitan excitación externa.

Para evitar la corrosión de las piezas el eje es de acero inoxidable 316 y la carcasa de aluminio 5083 mecanizado (resistente al ambiente marino y a la contaminación industrial).

Además, para facilitar la sujeción del



Figura 1. Pala final.



Figura 2. Generador final.



Figura 3. MPPT.

Pala	
Altura con eje	93 cm
Altura de la turbina	60 cm
Diámetro	36 cm
Superficie al viento	0,20 m <sup>2</sup>
Peso	4 kg
Material	PRFV

MPPT	
Regulación	MPPT
Voltaje de entrada	6-30 V AC
Voltaje de salida	13,8 V DC (regulable)
Potencia máxima de salida	60 W
Frenado de turbina	Electrónico (aprovechamiento de la energía de frenado)
Frenado de emergencia	Desvío automático de carga

Generador	
Altura con eje	220 mm
Diámetro	258 mm
Diámetro del eje	35 mm
Peso	14 kg
Salida del generador	AC (3 fases)
Rotor	Imanes permanentes
Estator	Sin núcleo metálico
Potencia	75 W (250 RPM)
Resistencia estrella total	1,74 Ω
Número de polos	28
Tipo de bobinado	Estrella
Carcasa	Aluminio 5083 mecanizado
Eje	Acero inoxidable 316
Sujeción a la base	8 tornillos M8

Datos técnicos del aerogenerador.

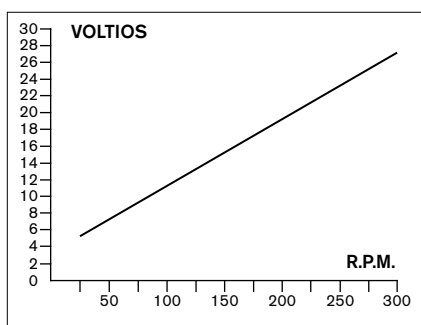


Figura 4. Producción en DC del generador según RPM.

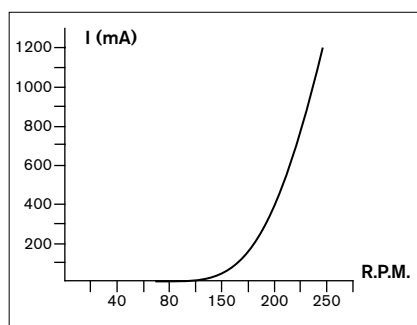


Figura 5. Producción de corriente del aerogenerador con MPPT según RPM.

aerogenerador a un punto, la carcasa consta de ocho tornillos M8.

Finalmente, el generador está preparado tanto para funcionar con vientos muy bajos como muy fuertes.

Para que nuestro aerogenerador pro-

duzca con cualquier velocidad de viento, añadimos el circuito MPPT que adaptará la tensión generada al voltaje necesario para cargar la batería, elevando la tensión con vientos débiles y reduciéndola con vientos fuertes. Así se aprovecha la

energía producida por el aerogenerador en bajo régimen de revoluciones y, en caso de vientos fuertes, efectúa un frenado electrónico que lo mantiene en el bajo régimen de revoluciones deseado y convierte el exceso de energía cinética en energía eléctrica.

Con este sistema obtenemos un menor desgaste y esfuerzo en sus componentes mecánicos.

Además, el MPPT dota a nuestro aerogenerador de la posibilidad de aguantar tanto vientos suaves como vientos fuertes, llegando incluso a los huracanados, sin necesidad de apagar el dispositivo.

Por otro lado, como medida de seguridad, el MPPT contiene un desvío de carga. Si el viento es extremadamente fuerte o la batería está llena, se activará automáticamente, frenando el giro de la pala y pasando a la batería el mínimo indispensable para su mantenimiento. Si, por lo contrario, se activa porque detecta la batería llena, se mantendrá activado hasta que el nivel de la batería sea bajo, momento en el que se desactivará y volverá a funcionar con normalidad.

Si no se cumplen las condiciones de activación de desvío automático, explicadas anteriormente, y se desea frenar el giro del aerogenerador, el sistema tiene un interruptor de desvío de carga.

El trabajo íntegro está disponible en el siguiente enlace:

[http://www.fundaciontindustrial.es/MEMORIA\\_-\\_Proyecto\\_ganador\\_Premio\\_Galicia\\_2015.pdf](http://www.fundaciontindustrial.es/MEMORIA_-_Proyecto_ganador_Premio_Galicia_2015.pdf)

**María del Mar Conde Barbe** es colegiada del Colexio Oficial de Enxeñeiros Técnicos Industriais de A Coruña (Coeticor). Este proyecto de aerogenerador de baja potencia ganó del Premio Galicia sobre Divulgación Tecnológica e Industrial, dotado con 1.800 euros íntegros que otorga el Consello Galego de Enxeñeiros Técnicos Industriais, en el marco de la convocatoria anual de premios de la Fundación Técnica Industrial.

# El ingeniero técnico industrial y la facturación eléctrica

Gabriel Vallejo Álvarez

Este artículo detalla las principales recomendaciones técnicas de un ingeniero técnico industrial sobre la tarificación eléctrica, los periodos horarios, la potencia contratada y otros aspectos que inciden en la factura de la electricidad. La información técnica se desgrena en forma de respuestas a las posibles preguntas sobre la factura que se puede hacer un cliente

Son las ocho de la mañana de un día cualquiera, un ingeniero técnico industrial recibe una llamada telefónica de uno de sus mejores clientes. Le señala su enorme preocupación por el gran coste que ve en la factura eléctrica que la comercializadora le ha hecho llegar por correo electrónico. El cliente comenta al técnico que no entiende nada de la factura y que necesita que alguna persona de su confianza se lo explique. En ese momento al ingeniero técnico industrial le corre un escalofrío desde los pies hasta la cabeza, pues por falta de tiempo o de información o de no tiene suficientes conocimientos para afrontar la respuesta a la pregunta y explicarle con detalle a su cliente todos los datos e informaciones que en ella se descifran y cuáles de ellos se pueden reducir, minimizar o incluso anular en siguientes facturas. (El mer-

cado español tiene actualmente 28,72 millones de clientes o usuarios con contrato eléctrico.)

La liberalización del sector eléctrico parte desde la publicación de la Ley del Sector Eléctrico 54/1997, derogada por la vigente Ley del Sector Eléctrico 24/2013. Esto supuso que a partir de 1998 el sistema eléctrico tuviese cuatro eslabones en la cadena que va desde la producción de la electricidad en las numerosas centrales eléctricas que hay en España (hidroeléctricas, nucleares, térmicas de carbón, ciclo combinado, eólicas, solares térmicas, solares fotovoltaicas, biomasa, etc.) hasta el consumo de la misma por el usuario:

- Generación de energía eléctrica que lo llevan a efecto empresas generadoras (sector liberalizado).

- Transporte de energía eléctrica, rea-

lizado por el operador del sistema, que es Red Eléctrica Española (sector regulado).

- Distribución de energía eléctrica ejecutado por las empresas distribuidoras o suministradoras de cada zona (sector regulado).

- Comercialización de energía eléctrica llevada a efecto por las empresas comercializadoras (sector liberalizado).

En la actualidad, la contratación eléctrica en España puede realizarse de dos formas genéricas:

- Mercado regulado* (usuarios con potencia contratada <10 kW contratando el precio voluntario al pequeño consumidor (PVPC), en el que se puede optar a la tarifa de último recurso (TUR). Esto es actualmente el bono social (descuento del 25% si se cumple alguna de las condiciones que se requieren), que

Tarifas alta tensión	Tensión	Tarifas baja tensión	Potencia
3.IA	Mayor de 1 kV y no superior a 36 kV (Potencia ≤ 450 kW)	2.0A	(Potencia ≤ 10 kW)
6.IA	Mayor de 1 kV y no superior a 30 kV (Potencia > 450 kW)	2.0 DHA	(Potencia ≤ 10 kW)
6.IB	Desde 30 kV no superior a 36 kV	2.0 DHS	(Potencia ≤ 10 kW)
6.2	Mayor de 36 kV y no superior a 75,5 kV	2.IA	(10 kW < Potencia ≤ 15 kW)
6.3	Mayor de 72,5 kV y no superior a 14,5 kV	2.I DHA	(10 kW < Potencia ≤ 15 kW)
6.4	Mayor de 145 kV	2.I DHS	(10 kW < Potencia ≤ 15 kW)
6.5	Conexiones internacionales	3.0A	(15 kW < Potencia)

Figura 1. Tarifas eléctricas.

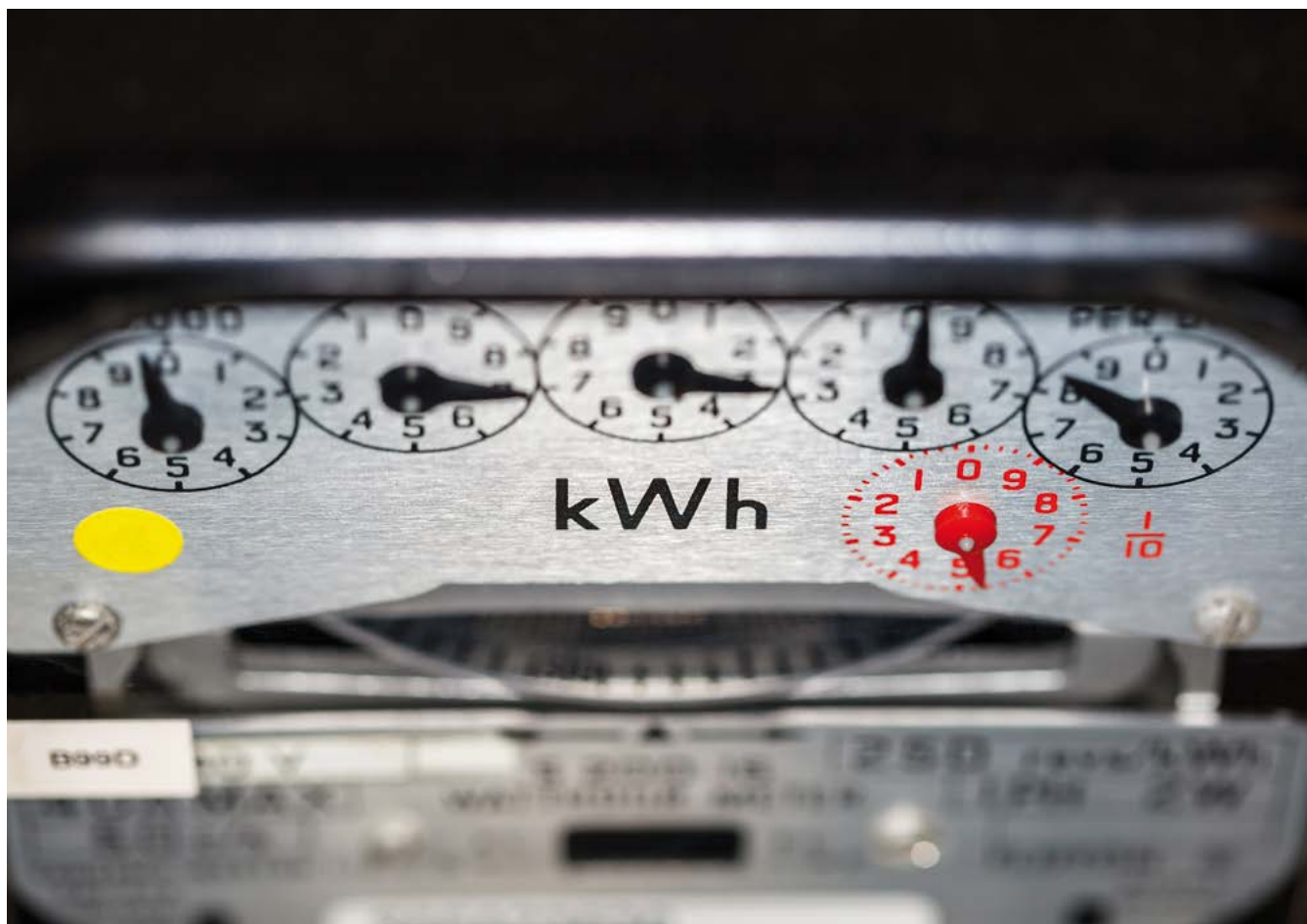


Foto: Alex Yeung / Shutterstock.

regulariza el Gobierno a través de las comercializadoras de referencia y que controla la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC).

–*Mercado libre* (obligatorio para todos los usuarios con potencia contratada  $> 10$  kW y opcional para el resto de usuarios con  $P_c < 10$  kW)

Volviendo al problema inicial, al ingeniero técnico industrial se le van ocurriendo preguntas que su cliente puede realizarle.

### ¿Qué tipo de tarifa eléctrica le conviene realmente a mi cliente tener contratada?

Hay dos grupos de tarifas eléctricas: RD1164/2001 (figura 1):

- Tarifas de baja tensión.
- Tarifas de alta tensión.

– La tarifa 6.1, a su vez según la Orden IET/2735/2015 se divide en 6.1 A (de 1 kV a 30 kV) y 6.1 B (de 30 kV a 36 kV).

Es importante destacar que algunas empresas comercializadoras han realizado la comparativa de las tarifas para

una vivienda con potencia contratada menor de 10 kW con las tarifas 2.0 A y 2.0 DHA, y se ha llegado a la conclusión de que si el consumo eléctrico de la vivienda en las 14 horas valle (P2) supera el 40% del consumo total, ya resulta más económico tener contratada la tarifa 2.0 DH, aunque no se tenga calefacción eléctrica u otro tipo de receptores que demanden la discriminación horaria. Ahora bien, es conveniente cambiar determinados usos del periodo 1 al periodo 2, como poner la lavadora, el lavavajillas, el horno de 22 h a 12 h en invierno o de 23 h a 13 h en verano, cuestión que en numerosos casos no es difícil.

### ¿Qué periodos horarios le digo a mi cliente que tiene la tarifa que tiene contratada?

Cada tarifa eléctrica tiene uno o varios periodos horarios con diferentes precios tanto en energía como en potencia, que pueden cambiar en día, en el mes o cuando se realiza el cambio horario internacional (último domingo de marzo y último domingo de octubre) (figuras 2 y 3).

### ¿Qué potencia debe tener contratada mi cliente?

Las potencias contratables hasta 15 kW dependen de los valores normalizados del ICP interruptor de control de potencia (ICP) según UNE 20317. A partir de este valor se puede contratar lo que se necesite (figura 4). El control de potencia se realizará de forma total a partir del 1 de enero de 2019 a través del contador electrónico registrando los valores máximos en periodos cuatrorarios que se vayan teniendo si la  $P_c$  supera los 15 kW o desconectando la instalación si la potencia demandada supera la potencia contratada cuando la  $P_c$  es inferior a 15 kW tanto en instalaciones monofásicas como en trifásicas (excepto suministros ininterrumpibles).

Según el RD 1164/2001, hay suministros ininterrumpibles (alumbrados exteriores públicos, semáforos, ascensores, repetidores de telecomunicaciones y telefonía, grupos de bombeo agua potable) que aun teniendo potencia contratada  $P$  inferior a 15 kW no llevarán limitado el ICP electrónico. A estos

suministros se les puede obligar a tener contratada la potencia máxima del certificado de la instalación eléctrica.

**¿Cuáles son los componentes de una factura eléctrica que debo explicarle a mi cliente? ¿Tal vez le estén cobrando derechos de acometida o el depósito de garantía?**

La factura eléctrica española se compone de los siguientes términos:

-Término de potencia activa (siempre aparece y puede llevar recargo. Solo lo pagamos en España).

-Término de energía activa (siempre estará si hay consumo en los distintos periodos por facturar).

-Término de energía reactiva (puede estar o no, depende de si el usuario ha consumido en tarifas P por debajo de 15 kW, energía reactiva más del 50% de la energía activa (excepto 2.0 A). Y para tarifas P por encima de 15 kW, energía reactiva más del 33% de la energía activa, excepto en la noche que no se limita en ninguna tarifa).

-Impuesto eléctrico (siempre aparece: 5,11269632% $\times$  [TP + Tea + TEr]). Algunos suministros como grandes industrias llevan reducción del mismo en un 85%.

-Alquiler equipo de medida (puede estar o no, depende si el usuario alquila el contador o lo adquiere en propiedad; los precios de alquiler están regulados).

-Derechos de extensión o de acceso o de enganche (suelen aparecer en la primera factura emitida o cuando se solicita aumento de la potencia de contratación).

-Impuesto del valor añadido (siempre aparece y es del 21%).

-Depósito de garantía (fianza que puede cobrar la distribuidora en la primera factura).

**¿Qué consejos puedo facilitar a mi cliente para reducir la factura eléctrica?**

-Término de potencia: Será necesario conocer la/s potencia/s contratada/s y observar a través del máxímetro las potencias demandadas por la instalación en los diferentes meses del año (petición de histórico a la distribuidora), ajustando ambas y procurando si es posible tener la menor simultaneidad de receptores. Procurar en tarifas 3.0, 3.1 y 6.x y no tener sobrepasamientos de la potencia contratada.

-Término de energía activa: será con-

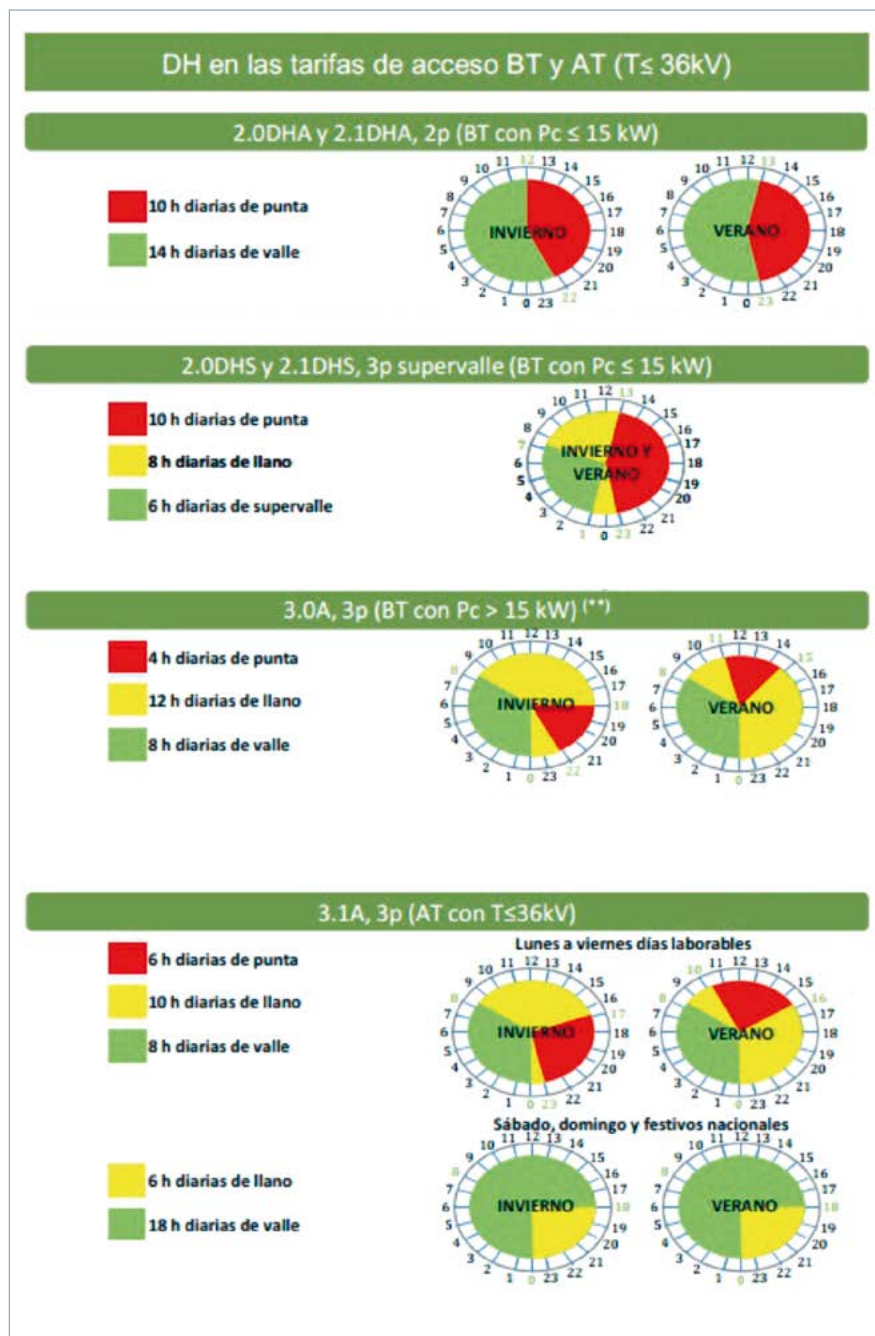


Figura 2. Tarifas eléctricas y periodos facturables.

veniente por parte del instalador informar a los clientes de los periodos de facturación más económicos, cuáles son los receptores de mayor consumo, informar de que hay receptores en el mercado con menores consumos (alumbrado led, sistemas de control de alumbrado, equipos de climatización, motores más eficientes con arrancadores suaves o variadores de frecuencia, etc.).

-Término de energía reactiva (si hay exceso de consumo de energía reactiva, será necesario instalar una batería de condensadores cuya potencia sea la

necesaria para que el factor de potencia de la instalación sea superior a 0,95). Dependerá de si el usuario ha consumido en tarifas (excepto la 2.0 A) cuya  $P < 15 kW$ , energía reactiva más del 50% de la energía activa. Y para tarifas cuya  $P > 15 kW$ , energía reactiva más del 33% de la energía activa, excepto en el periodo P3 en tarifas 3.x y en el periodo P6 en tarifas 6.x, que corresponden a la noche. Es recomendable temporizar la batería de condensadores y que no entre en la noche (de 24 h a 8 h) al no ser necesario. De esta forma se le alarga su vida útil.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Enero	P6				P2				P1				P2				P1				P2			
Febrero	P6				P2				P1				P2				P1				P2			
Marzo	P6				P4								P3								P4			
Abril	P6				P5																			
Mayo	P6				P5																			
1ª quincena de junio	P6				P4				P3								P4							
2ª quincena de junio	P6				P2				P1								P2							
Julio	P6				P2				P1								P2							
Agosto	P6																							
Septiembre	P6				P4				P3								P4							
Octubre	P6				P5																			
Noviembre	P6				P4								P3								P4			
Diciembre	P6				P2				P1				P2				P1				P2			
Sáb, dom. y fest.	P6																							

Figura 3. Periodos facturables en cada una de las horas del mes en las tarifas de AT 6.X.

ICP Intensidad A	Potencias normalizadas (BOE 74 de 28-03-2006)					
	Monofásicos			Trifásicos		
	U = 127V	U = 220V	U = 230V	3x127/220V	3x220v/380	3x230/400V
1,5	0,191	0,330	0,345	0,572	0,987	1,039
3,0	0,381	0,660	0,690	1,143	1,975	2,078
3,5	0,445	0,770	0,805	1,334	2,304	2,425
5,0	0,635	1,100	1,150	1,905	3,291	3,464
7,5	0,953	1,650	1,725	20858	4,936	5,196
10,0	1,270	2,200	2,300	3,811	6,582	6,928
15,0	1,905	3,300	3,450	5,716	9,873	10,392
20,0	2,540	4,400	4,600	7,621	13,164	13,856
25,0	3,175	5,500	5,750	9,526	16,454	17,321
30,0	3,810	6,600	6,900	11,432	19,745	20,785
35,0	4,445	7,700	8,050	13,337	23,036	24,249
40,0	5,080	8,800	9,200	15,935	26,327	27,713
45,0	5,715	9,900	10,350	17,927	29,618	31,177
50,0	6,350	11,000	11,500	19,919	32,909	34,641
63,0	8,001	13,860	14,490	25,097	44,465	46,648

Figura 4. Potencias contratables normalizadas.

-Impuesto eléctrico (se puede reducir si los capítulos anteriores disminuyen; actualmente es el 21%, lo que se considera un bien de lujo).

-Alquiler equipo de medida: en función de la potencia contratada hay que poner un contador u otro; a mayor potencia, mayor es el coste del alquiler. Este capítulo puede estar o no, depende de si el usuario alquila el equipo a la empresa

o lo adquiere en propiedad)

-Impuesto del valor añadido (si se disminuye la base imponible, que es la suma de los conceptos anteriores, se podrá disminuir).

### Conclusión

Mediante este pequeño artículo pretendo hacer ver a los profesionales de la ingeniería técnica industrial y a los graduados

en ingeniería de las ramas industriales la gran necesidad que tienen de conocer el mundo de la facturación eléctrica para dar respuesta a las inquietudes y necesidades de sus clientes en esta faceta, asesorando a los mismos en todo lo que rodea a una factura eléctrica.

Gabriel Vallejo Álvarez es ingeniero técnico industrial del Colegio de Segovia.



## Pocas ingenieras y sin referentes

Las mujeres son mayoría en la Universidad, pero solo el 25% en las carreras de ingeniería. La falta de referentes femeninos en el profesorado y las empresas es una de las causas que se pretende remediar

### Pura C. Roy

Barbara Crawford Johnson fue la única mujer que participó en el equipo de ingeniería de la NASA que trabajó en la llegada a la Luna. Elizabeth Muriel Gregory Elsie fue la primera diseñadora de aeronaves del mundo. Hedwig Eva Maria Kiesler, conocida como la actriz Hedy Lamarr, fue co-inventora de la primera versión del espectro ensanchado que permitiría las comunicaciones inalámbricas de larga distancia, redes wifi y móviles. Si preguntáramos el nombre de alguna mujer ingeniera, de cualquier tiempo, muchas personas tendrían dificultad para decir alguno. También pasaría lo mismo si pidiéramos el de la primera mujer ingeniera en España. Fue Pilar Careaga y Basabé en 1929, pionera en manejar una máquina de un tren, desde la estación de Norte a la del mismo nombre en Bilbao, cuando realizaba sus prácticas de ingeniería industrial en el ferrocarril. La máquina fue una 4700 de la compañía Norte. Renfe se funda en 1941 unificando el servicio ferroviario que se daba en España. La historia de Careaga también es la de muchas mujeres que han realizado una carrera técnica; ella se dedicó a otra cosa. Llegó a ser la primera alcaldesa de Bilbao.

Isabel Trabal Tallada, la segunda mujer ingeniera industrial terminó sus estudios en 1949. El ser las primeras o las únicas en unas aulas son historias propias de las mujeres ingenieras de un tiempo no muy lejano. Pilar Tejo, la cuarta mujer española en finalizar navales era "la única chica en mi aula y en mi curso", declaraba en una entrevista. Algo parecido vivió Lola Norte, la primera española en obtener el título de ingeniero de minas, apareció en una reseña en el *Abc* el 18 de junio de 1975 como "la señorita María Dolores Norte Gómez, la primera mujer ingeniera de minas que sale de la escuela española". Esto tampoco le suena raro a Carmen de Andrés, pionera en nuestro país en licenciarse en la carrera de caminos, canales y puertos. Afortunadamente, ahora tal vez se hable de que siguen siendo pocas pero no ya de ser las primeras.

Que los estudios técnicos han sido considerados históricamente un campo exclusivo masculino es una obviedad a pesar de la evolución de la sociedad. Hablando de ingeniería industrial, tal vez no sea extraño si no olvidamos que las primeras mujeres ingenieras industriales son de la segunda mitad del siglo XX.

### Si preguntáramos el nombre de alguna mujer ingeniera, muchos tendrían dificultad para decir alguno

Los colegios profesionales contabilizan que, por cada dos ingenieras, hay ocho ingenieros en España. Según el Ministerio de Educación, las mujeres son mayoría en las universidades españolas (el 54%), pero solo el 25% son estudiantes de la rama de ingeniería y arquitectura. El fenómeno no es nuevo y se reproduce en mayor o menor medida en otros países (en EEUU solo hay un 14% de ingenieras), pero existe cada vez mayor "preocupación y sorpresa" en las universidades españolas, que ven que, año tras año, van perdiendo alumnas en estos estudios.

### El proyecto "Mujer e ingeniería" arranca con un programa de 'mentoring' en diversas universidades

Actualmente las tres cuartas partes de los nuevos estudiantes de ingeniería siguen siendo varones y esta tónica se cumple en todas las titulaciones, exceptuando la ingeniería química, en la que la igualdad es notoria desde 2005. En un término medio se queda la ingeniería agrónoma, con el 39% de mujeres.

La brecha de género en las carreras científicas y tecnológicas es una realidad en Europa: solo 3 de cada 10 son mu-

jes, según el Informe *She Figures*, de la UE. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) dice que el problema empieza a edades tempranas, en parte por culpa de los padres y de los profesores. Los progenitores tienen puestas mayores expectativas en los hijos que en las hijas a la hora de apoyarles a que hagan ingeniería o matemáticas. Y esto ocurre incluso cuando tanto los hijos como las hijas muestran el mismo rendimiento académico, según se desprende del análisis de Pisa 2012. Las ingenierías tienen fama de ser carreras más exigentes y no se anima a hacerlas.

Y así ocurre, también, en matemáticas. La OCDE asegura que, a los 15 años, "las chicas tienen menos confianza en sí mismas" en esta asignatura. Más de la mitad declara que no son buenas en la materia. Sienten más ansiedad y, como se exigen más, desisten por el miedo a no dar la talla.

Esta aversión por las matemáticas está, sin duda, en la raíz de por qué no deciden especializarse en carreras de ingenierías, en las que tienen un papel fundamental. Pero posiblemente no es la única razón. Hay quien sugiere que este tipo de carreras son apreciadas como demasiado abstractas para las mujeres, que prefieren estudios con proyecciones más sociales. Y es un fracaso más no dar esta proyección a todos los implicados en el mundo de la ingeniería. Decir que también cumplen un servicio social es otra obviedad. De ellas depende una mejor agricultura, unos buenos recursos hídricos, buenos transportes y comunicaciones y una industria que permite un bienestar social. Esto no significa que no tenga sus puntos negros que deben ser subsanados.

### Disminuyendo

A la falta de vocaciones y una sociedad que no facilita el camino, se une la ausencia de referencias femeninas que animen a las niñas a ingresar en estos ámbitos. Campos de estudios como la tecnología y la ingeniería están disminuyendo a pesar de ser de vital importancia para el fu-



Foto: Shutterstock.

turo de una sociedad. Por este motivo, la Real Academia de Ingeniería (RAI) puso en marcha el pasado mes de octubre *Mujer e ingeniería*, un proyecto en el que están involucradas varias organizaciones como la Universidad Politécnica de Madrid, La universidad Carlos III, la Red de Mentoring España y la Asociación de Ejecutivas y Consejeras (Ejecon), con el fin de impulsar la presencia de mujeres en el sector ingeniero.

Cambiar las cifras y reducir la brecha de género es lo que se ha propuesto Sara Gómez Martín desde su posición como consejera de la RAI y encargada del proyecto y como ingeniera afirma: "No podemos permitirnos perder el valor que aportan las mujeres en todas las profesiones, pero en un mundo tecnológico como el de hoy en día, menos. El futuro es digital, tecnológico y las niñas han de formar parte de ese mundo".

Sara Gómez, que fue vicerrectora de la Universidad Politécnica de Madrid, opina que faltan referentes femeninos en las ingenierías. Los motivos de la falta de mujeres son puramente sociales, desde los juguetes, mecanos para ellos, cocinitas para ellas, hasta la imagen social de que las chicas ingenieras son raras y poco *sexis*. De hecho, los estereotipos culturales etiquetan, no siempre bien, a la ciencia, la tecnología y la ingeniería, "pero a pesar de conocer estos condicionantes deberíamos estudiar más profundamente por qué estos siguen afectando tanto a la mujeres", comenta Gómez.

La Conferencia Española de Rectores de las Universidades Española (CRUE) avala esta opinión. Es necesario

dar más visibilidad a las mujeres ingenieras. El modelo de la alumna debería ser otra mujer para que piense: "Si ella lo ha hecho, ¿por qué no yo?" "La falta de referentes femeninos no solo se da dentro de las plantillas de personal docente e investigador; también en las empresas". "Si no hay maestras, no hay alumnas", zanja Gómez, en su ánimo de ayudarlas y animarlas a romper el techo de cristal, esa barrera invisible que de algún modo les impide alcanzar los puestos más altos en sus equipos y en sus empresas.

Como las referencias es uno de los puntos débiles actuales en España, el proyecto *Mujer e ingeniería* incluye un programa de Mentoring para Alumnas de Ingeniería, que ya se ha puesto en marcha en la Universidad Politécnica de Madrid y en la Universidad Carlos III para ir extendiéndose a otras universidades del país.

### Ingenieras sénior y mentoras

La iniciativa consiste en acompañar, asesorar y apoyar a las jóvenes en dos niveles. "Las que estén finalizando la carrera contarán con una ingeniera sénior que les ayude a dar el paso al mundo laboral y las recién llegadas de primer curso podrán estar acompañadas por mentoras estudiantes de últimos cursos", explica Gómez. La RAI cuenta para ello con una red de cualificadas profesionales, mujeres todas ellas de éxito en sus respectivos ámbitos profesionales, entre las que figuran la Ejecon, con las que firmó un convenio de colaboración.

Los especialistas destacan que en edades tempranas la mayoría de las ni-

ñas aventajan a los niños en todas las materias, incluyendo matemáticas. Por tanto, la diferencia en sus comportamientos, según la directora del proyecto, no tiene que ver con la falta de habilidad o los conocimientos adquiridos, sino más bien con la forma de enfrentar los retos. "Así, mientras que los chicos asumen que no logran solucionar un problema porque es complicado, las chicas empiezan a dudar de sus habilidades. Mi experiencia me dice que cuando acompañamos a las chicas que están en clara minoría a ser valientes y formamos una red a su alrededor que las anime y las apoye hacen cosas increíbles, porque dejan que aflore su enorme potencial", explica Gómez.

Este es uno de los motivos por el que el proyecto no solo va a implantarse en los campus, sino también en las aulas de los colegios e institutos, a través de talleres para niños y niñas, charlas de concienciación para padres y entreno y metodología para profesores. Se trata de convencer a las niñas de 9 a 14 años de que tienen las mismas capacidades que los chicos para hacer una carrera técnica.

Dentro de esto y después de la buena acogida del proyecto, Gómez, pone el énfasis en que hay que ayudar a las mujeres a integrarse en un mundo profesional que, hoy por hoy, sigue siendo masculino. "Los datos de empleo nos dicen que las carreras que más futuro laboral tienen son las relacionadas con las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas y ellas se resisten a cursarlas".

# Letras para un emprendedor

Emprender es la palabra de moda. Hay muchos microemprendedores, pero sin más pretensión que el autoempleo, y eso no es una empresa, opinan los especialistas. Respecto a la necesidad de incrementar el tamaño de la empresa como palanca de competitividad, el director general de EOI- Escuela de negocios, Fernando Bayón, resalta la importancia de cambiar la forma de nuestro tejido empresarial: "Debemos dar volumen a nuestras pequeñas y medianas empresas, para que esta incertidumbre en la que vivimos no provoque que su futuro sea negro". "En España hay muchas pequeñas empresas que realmente no son empresas, sino negocios, y así se consideran. Hace falta más formación al empresario y vías para fortalecer estas pequeñas empresas, para que puedan tener un crecimiento exponencial", añade.

La incertidumbre y la inseguridad son las compañeras que van en todo momento con un emprendedor. Además de una buena idea, factores como los que impone un mercado tal vez tengan la última palabra.

Según las estadísticas, el 90% de las iniciativas empresariales fracasan a los cuatro años de andadura y solo el 3% de los manuales de empresa explican las causas. De aquí la importante aportación de Trías de Bes, coautor de *La buena suerte*, que se ocupa en *El libro negro del emprendedor. No digas que nunca te lo advertieron* de identificar cuáles son los factores clave para determinar el fracaso y extrae los rasgos básicos que debe reunir un emprendedor como son la motivación y el talento para ver algo especial en una idea. Según Trías de Bes, ser emprendedor constituye una postura vital. Motivación y talento deben ir de la mano.

**"LA INCERTIDUMBRE Y LA INSEGURIDAD SON LAS COMPAÑERAS DE UN EMPRENDEDOR. ADEMÁS DE UNA BUENA IDEA, FACTORES COMO LOS QUE IMPONE UN MERCADO TAL VEZ TENGAN LA ÚLTIMA PALABRA"**

El título puede llevar a engaño, ya que el libro no quiere desalentar a nadie, sino invitar a una reflexión. Para esta reflexión las editoriales han encontrado un filón en la publicación de las mil y una teorías de los *couches*, otra palabra muy de moda. En *el arte de empezar*, un *best seller* de Guy Kawasaki se afirma que "emprendedor es un estado mental, no un puesto de trabajo". En él se desgranar los consejos y las herramientas para llevar a cabo un proyecto. Por supuesto, todas las áreas de trabajo tienen su manual. Para conseguir el éxito, en *El manual del emprendedor*, de Steve Blank y Bob Dorf, se ofrece una guía paso a paso para crear una gran empresa.

El control mental se convierte también en una nueva piedra filosofal para afrontar los cambios. La tendencia natural es resistirse a él y mantenernos en la zona de confort que nos ofrecen la rutina, los hábitos y las costumbres. La mayoría de las veces solo se aceptan los cambios cuando nos vienen impuestos.



Los psicólogos hablan de dos mecanismos distintos en nuestro cerebro a la hora de adoptar decisiones: el racional y el emocional. El primero parte de una actitud reflexiva, racional, mientras que el segundo es impulsivo e intuitivo. El racional se opone con firmeza a cualquier cambio en la rutina mientras que el segundo aguarda, consciente o inconscientemente, cambios y nuevos retos.

Los hermanos psicólogos Chip y Dan Heath, explican en *Cambiar el chip* cómo servirse de ambos productos cerebrales. Con un estilo ameno en sus argumentaciones, los autores nos resumen décadas de investigación en psicología, sociología y otras disciplinas científicas para explicar cómo se puede efectuar un cambio transformador en la vida. En su libro *Decídete* vuelven a argumentar cómo tomar mejores decisiones en el momento oportuno. La investigación psicológica, según los autores, ha revelado que nuestras decisiones se distorsionan por sesgos e irracionalidades: tenemos una confianza desmedida en nosotros mismos y buscamos información que nos respalde y restamos importancia a la que no lo hace. Cuando elegimos, nuestros cerebros son nuestro peor enemigo. Lamentablemente, limitarse a ser consciente de estos defectos no soluciona el problema, de igual modo que saber que somos miopes no nos ayuda a ver, enfatizan.

El error y el fracaso son las bestias negras de un emprendedor. Es habitual oír la frase "hay que aprender de los errores". En la mayoría de los casos es solo una frase, pero los cambios tecnológicos y un futuro incierto pueden llevar a que el error y el fracaso sean cada vez más habituales. Por ello, la forma de abordar el éxito y el fracaso es clave. Para este tema también existe su *best seller*. En *Pensamiento. Caja negra*, de Matheu Syed se reflexiona sobre los factores que convierten a las personas, organizaciones y, finalmente, países en ganadores o perdedores. Se centra en la necesidad de redefinir el fracaso para enfocarlo de manera diferente, aceptándolo y animando a innovar y a probar además de teorizar.



Formación

# Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales

Incluye un acceso  
durante un año a **CISS**  
**Prevención de Riesgos**  
**Laborales**, Base de  
Datos especializada en  
PRL valorada en 525€<sup>(\*)</sup>

PLAZAS  
LIMITADAS

Debido al éxito de anteriores convocatorias, hemos cerrado nuevamente un acuerdo con **Wolters Kluwer**.

Se podrá 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.

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

- **Título oficial Universitario de la Universidad Francisco de Vitoria.** Verificado por la ANECA.
- Inicio **25 de mayo de 2017** (Fecha límite de admisión 20/04/17).
- Finaliza: Marzo de 2018.
- **60ECTS.**
- **Metodología e-learning:** estudia donde quieras y en el horario que necesites.
- **Acceso a la base de datos** CISS Prevención Riesgos Laborales<sup>(\*)</sup> y descuentos a reconocidas obras en PRL de Wolters Kluwer como: 50% descuento Base de datos CISS Prevención, 35% descuento Revista Gestión Práctica Riesgos Laborales y 15% descuento en Anuarios TODO PRL y Prontuario PRL.

Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales  
por la Universidad Francisco de Vitoria

Incluye las 3 especialidades: Seguridad, Higiene y Ergonomía

Precio Total  
del Máster<sup>(1)</sup>

2.890 €

<sup>(1)</sup> **Infórmate de las condiciones económicas especiales para COLEGIADOS QUE YA POSEEN EL TÍTULO DE TÉCNICO SUPERIOR EN PRL.** Se concederán siempre que acrediten poseer el título de Técnico de Nivel Superior en PRL (conforme al artículo 37.2 del Real Decreto 39/1997).

<sup>(\*)</sup> Para Máster completo.

**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**